

AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA CONFORME O MÉTODO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM FAZENDAS QUE FAZEM USO DE PIVÔS CENTRAIS NA REGIÃO DE PRIMAVERA DO LESTE - MT.

Julia Mezdri Ronchi

Florianópolis, 2018



Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental

Julia Mezdri Ronchi

**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA CONFORME O
MÉTODO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM FAZENDAS QUE
FAZEM USO DE PIVÔS CENTRAIS NA REGIÃO DE
PRIMAVERA DO LESTE - MT.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Departamento de Engenharia Sanitária e
Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do Grau de
Engenheiro (a) Sanitarista e Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto
Alves Pereira

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ronchi, Julia Mezdri

Avaliação do consumo de água conforme o método de
manejo de irrigação em fazendas que fazem uso de
pivôs centrais na região de Primavera do Leste - MT
/ Julia Mezdri Ronchi ; orientador, Antonio
Augusto Alves Pereira, 2018.
122 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Manejo
de irrigação. 3. Consumo de água. 4. Excesso de
lâmina de irrigação. I. Pereira, Antonio Augusto
Alves. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III.
Título.

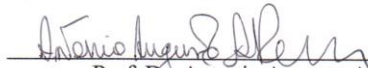
Julia Mezdri Ronchi

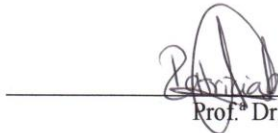
**AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA CONFORME O
MÉTODO DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM FAZENDAS QUE
FAZEM USO DE PIVÔS CENTRAIS NA REGIÃO DE
PRIMAVERA DO LESTE - MT.**


Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária e Ambiental.


Florianópolis, 29 de Novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Antonio Augusto Alves Pereira
Orientador


Prof.ª Dr.ª Patricia Kazue Uda
Membro da banca


Prof. Dr. Sérgio Ricardo Rodrigues de Medeiros
Membro da banca


Eng. Yohanne Larissa Rita
Membro da banca

FLORIANÓPOLIS (SC)
NOVEMBRO/2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Em primeiro lugar, a toda minha família que sempre esteve ao meu lado, em especial a meus pais, Nádia e Aotair, que nunca mediram esforços, nem amor, para garantir que eu chegasse até aqui, e meu irmão, Thiago, que foi meu companheiro a vida toda e que, do seu jeito único, sempre acreditou em mim.

A minha avó Célia, que sempre foi e para sempre será amor e luz.

Ao Andrio, pela parceria sem igual, pelo apoio, pelo carinho e pela dedicação. Por ser base e inspiração em todos os momentos.

A Ada e Adilson, que foram minha segunda família, me acolheram e proporcionaram um lar na fase mais importante deste trabalho.

A equipe iCrop de Primavera do Leste-MT, Jéssica e Alberto, por me concederem essa oportunidade ímpar, por serem sempre muito abertos e dispostos a me ensinar e orientar neste trabalho e durante o estágio.

Ao Professor Antônio, por ter aberto as portas da sua sala e ter sido atencioso, dedicado e grande fonte de conhecimento e orientação durante a realização deste trabalho.

Às grandes amigas que fiz ao longo da graduação e futuras colegas de profissão, Bruna, Carol e Corina, que depois de longos projetos, noites mal dormidas e infinitas risadas chegamos juntas ao final dessa etapa.

Aos companheiros do trago, Henrique e Rodrigo, que serão sempre meus favoritos.

RESUMO

Há ainda desperdício de água no setor da irrigação no Brasil. Isso se deve ao uso de sistemas de irrigação ineficientes, à falta de manutenção dos equipamentos e também à falta de conhecimento do produtor da capacidade de armazenamento de água dos solos, das necessidades de água das plantas e dos problemas causados por uma irrigação inadequada. Primavera do Leste é um município brasileiro do estado de Mato Grosso que em 2016 já contava com 238 equipamentos de pivô central abrangendo uma área de cerca de 31 mil hectares irrigados. Assim o objetivo deste trabalho foi retratar o perfil do produtor irrigante da região, através da elaboração e aplicação de um questionário e selecionar duas fazendas com métodos de manejo de irrigação diferentes para avaliação do uso da água, com foco nos excessos de lâmina aplicados e suas causas. A avaliação é baseada na metodologia da empresa iCrop que consiste na determinação da capacidade de armazenamento de água do solo, no diagnóstico do desempenho do equipamento, no balanço hídrico em que aparecem os excessos de água aplicados e no acompanhamento do consumo de energia gerando o custo do milímetro aplicado. Na Fazenda Cidade Verde, que utiliza o método do balanço hídrico com planilhas eletrônicas, o equipamento estava em ótimas condições de funcionamento, porém a magnitude dos parâmetros técnicos somada a tomada de decisão cautelosa resultou em excessos de irrigação na casa dos 20%, quantidade de água que poderia ser utilizada, frente as mesmas circunstâncias, para a produção adicional de 27% em área. Na Fazenda JB durante o período de execução do manejo próprio da fazenda, sem método específico, baseado apenas na experiência prática do irrigante, os excessos de irrigação foram de aproximadamente 30%, atribuída à falta de conhecimento dos parâmetros técnicos e à deficiência vegetativa devido ao condicionamento de um ambiente fitossanitário desfavorável. Por outro lado, durante o período de atuação da empresa especializada em gestão de irrigação, o equipamento passou por redimensionamento, melhorando seu desempenho e os excessos caíram para perto dos 11%, permanecendo indesejável devido à irregularidade no desenvolvimento das plantas. No final da safra, na Fazenda JB, a média dos excessos foi de 19%, e com esse total, considerando as mesmas condições de produção, o adicional seria de 24% em área.

Palavras-chave: Manejo de irrigação; Excesso de lâmina de irrigação; Conservação da água; Balanço hídrico.

ABSTRACT

Irrigation in Brazil can produce great water waste. This is due to the use of inefficient irrigation systems, the lack of maintenance of the equipments used and, mainly, the lack of knowledge of the producer of soil water storage capacity, plant water requirements and problems caused by inadequate irrigation. Primavera do Leste is a Brazilian city located in the state of Mato Grosso, which already had 238 central pivot equipments covering an area of nearly 31 thousand hectares in 2016. Therefore, the aim of this study was to describe the profile of the local irrigating producer through the elaboration and application of a quiz and to select two farms, with different irrigation management methods, to undergo water consumption evaluation, focusing on applied water blade excesses and their causes. The evaluation is based on the iCrop methodology and consists on the determination of the soil water storage capacity, the diagnosis of the equipment performance, the water balance calculation that shows the applied water excesses and the energy consumption monitoring that provides the cost of the applied water millimeter. At Cidade Verde, farm that uses the water balance method with electronic spreadsheets, the equipment was in excellent condition, however the parameter's magnitude added to a cautious decision-making resulted in a 20% irrigation excess, the quantity of water that could be used, in the same circumstances, for the additional production of 27% in area. At JB, during the period of execution of the farm's own management, with no specific method, based only on practical experience, irrigation excesses were approximately 30%, attributed to the lack of knowledge of technical parameters and to the plant vegetative deficiency due to a bad phytosanitary environment and unsatisfactory equipment performance. On the other hand, during the period of the implementation of the irrigation management method by the specialized company, the irrigation excesses fell to nearly 11%, the equipment went through an optimization process, improving its performance. At the end of the harvest, at JB Farm, the overall excess was 19%, these total excesses, considering the same production conditions, could produce an additional area of 24%.

Keywords: Irrigation; Irrigation management; Center pivot; Water consumption; Excess of irrigation blade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estimativa de uso da água na irrigação.....	33
Figura 2 – Diagrama de disponibilidade de água no solo.....	37
Figura 3 – Vista lateral e superior do pivô central.....	42
Figura 4 – Execução da bacia para determinação da CC.....	51
Figura 5 – Identificação visual do bocal.....	54
Figura 6 – Determinação da velocidade do pivô em campo.....	55
Figura 7 – Medição de tensão e corrente	56
Figura 8 – Medição de pressão do sistema.	57
Figura 9 – Registro da área, cultura e equipamento	60
Figura 10 – Entrada de dados na plataforma	61
Figura 11 – Número de produtores irrigantes por cultura.	65
Figura 12 – Método de manejo de irrigação adotado pelos produtores irrigantes.....	66
Figura 13 – Controle do uso da água na irrigação.	66
Figura 14 – Responsável pela irrigação.....	67
Figura 15 – Relação produtividade área irrigada/área sequeiro..	67
Figura 16 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.	79
Figura 17 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.	80
Figura 18 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB – manejo próprio.....	83
Figura 19 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB – manejo próprio.....	84
Figura 20 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB – manejo iCrop.	85
Figura 21 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB – manejo iCrop.	86
Figura 22 – Gráfico balanço hídrico área hipotética – manejo iCrop.....	89
Figura 23 – Gráfico balanço hídrico da área hipotética – manejo iCrop.....	90
Figura 24 – Questionário parte 1	107
Figura 25 – Questionário parte 2	108
Figura 26 – Questionário parte 3	109
Figura 27 – Questionário parte 4	111
Figura 28 - Ficha de controle do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde parte 1.....	112

Figura 29 - Ficha de controle do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde parte 2.	113
Figura 30 - Ficha de controle do pivô 2 da Fazenda JB parte 1.	114
Figura 31 - Ficha de controle do pivô 2 da Fazenda JB parte 2.	115
Figura 32 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.....	116
Figura 33 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 2 da Fazenda JB antes do redimensionamento.	117
Figura 34 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 2 da Fazenda JB depois do redimensionamento.....	118
Figura 35– Relatório de consumo do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde e do pivô 2 da Fazenda JB.....	119
Figura 36 – Catálogo de bocais Senninger.....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela A do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.	69
Quadro 2 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela B do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.	70
Quadro 3 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB.	71
Quadro 4 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB.	72
Quadro 5- Valores aproximados para algumas características físico-hídricas dos solos segundo sua classe textural.	120
Quadro 6 – Profundidade efetiva média do sistema radicular de algumas culturas.	121
Quadro 7 - Valores recomendados de fator de disponibilidade para algumas classes de culturas.	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características conjunto motobomba.....	55
Tabela 2 – Velocidade de deslocamento do pivô	73
Tabela 3 – Avaliação do percentímetro do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.....	73
Tabela 4 - Avaliação do percentímetro do pivô 2 da Fazenda JB	74
Tabela 5 – Medições de tensão e corrente do motor.....	75
Tabela 6 – Valores originais e ajustados de pressão, vazão, lâmina e uniformidade.	76
Tabela 7 – Síntese dos dados dos gráficos do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.....	81
Tabela 8 – Produção potencial do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde	82
Tabela 9 – Síntese dos dados dos gráficos do pivô 2 da Fazenda JB.	87
Tabela 10 – Produção potencial do pivô 2 da Fazenda JB	88
Tabela 11 – Síntese dos dados dos gráficos da área hipotética para a Fazenda JB.	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AN – Amperagem Nominal
ANA – Agência Nacional das Águas
CC – Capacidade de Campo
CRA – Capacidade Real de Água no Solo
CTA - Capacidade Total de Água no Solo
Da – Densidade Aparente do Solo
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETc – Evapotranspiração da Cultura
ETo – Evapotranspiração de Referência
F – Fator de Disponibilidade de Água no Solo
FAO – Organização das Nações Unidas para a Água e a Agricultura
FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz
FP – Fator de Potência
FS – Fator de Serviço
H - Umidade do Solo
IC – Índice de Carregamento
Kc – Coeficiente de Cultura
LL – Linha Lateral
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Pe – Precipitação Efetiva
PIB – Produto Interno Bruto
PMP – Ponto de Murcha Permanente
Rpm – Rotação Por Minuto
SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente
VA – Válvula Aberta
VF – Válvula Fechada
Z – Profundidade Efetiva do Sistema Radicular

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	OBJETIVO GERAL	25
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
3.1	CRISE ALIMENTAR E O CRESCIMENTO POPULACIONAL MUNDIAL	27
3.2	O POTENCIAL BRASILEIRO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA	27
3.3	AGRICULTURA IRRIGADA.....	28
3.4	DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS	30
3.5	USO EFICIENTE DA ÁGUA	31
3.6	MANEJO DE IRRIGAÇÃO	33
3.6.1	Parâmetros avaliados para tomada de decisão.....	35
3.6.2	Métodos de manejo de irrigação	37
3.6.2.1	Método do turno de rega	38
3.6.2.2	Método do balanço de água no solo	38
3.6.2.3	Método do estado da água no solo	39
3.7	IRRIGAÇÃO POR PIVÔS CENTRAIS	40
3.7.1	Avaliação de desempenho do pivô central	43
3.8	MANEJO DE IRRIGAÇÃO: ALGODÃO	43
3.9	MANEJO DE IRRIGAÇÃO: FEIJÃO.....	44
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	47
4.2	O PERFIL DO PRODUTOR IRRIGANTE LOCAL.....	47
4.3	LOCAL DE ESTUDO	47
4.4	MANEJO DE IRRIGAÇÃO DA FAZENDA.....	48
4.5	AValiação DO MANEJO	50
4.5.1	Capacidade real de armazenamento no solo.....	50

4.5.2	Diagnóstico de desempenho do equipamento	53
4.5.2.1	Composição estrutural do pivô	53
4.5.2.2	Determinação da velocidade e verificação do percentímetro	54
4.5.2.3	Avaliação do sistema motobomba	55
4.5.2.4	Aferição de pressão do sistema.....	57
4.5.2.5	Determinação da vazão e da uniformidade de aplicação	58
4.5.3	Excesso da lâmina de irrigação.....	59
4.5.4	Custo do milímetro de água aplicado.....	62
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1	PERFIL DO PRODUTOR IRRIGANTE	65
5.2	AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MANEJO	69
5.2.1	Capacidade de armazenamento de água no solo.....	69
5.2.2	Diagnóstico de desempenho do equipamento	73
5.2.2.1	Velocidade e percentímetro	73
5.2.2.2	Índice de carregamento do motor	75
5.2.2.3	Pressão do sistema, vazão e lâmina de operação e uniformidade de aplicação.....	75
5.2.3	Excesso da lâmina de irrigação.....	78
5.2.4	Custo do milímetro de água aplicado.....	91
6	CONCLUSÃO.....	93
	REFERÊNCIAS.....	97
	APÊNDICE A.....	107
	APÊNDICE B.....	112
	APÊNDICE C.....	116
	APÊNDICE D.....	119
	ANEXO A	120
	ANEXO B	122

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural finito fundamental a manutenção da vida, atualmente sua disponibilidade e qualidade vem decaindo devido ao crescimento populacional, à expansão das fronteiras agrícolas e à degradação do meio ambiente. A discussão das relações entre ser humano e água são de extrema importância, pelo fato de que sua preservação é indispensável para a sobrevivência das futuras gerações. Em vista do crescimento da população mundial, e, conseqüentemente da demanda por alimentos e uso de recursos naturais, a humanidade se vê obrigada a usar a maior quantidade possível de solo agricultável, empregando a irrigação, não só para complementar as necessidades hídricas das regiões mais úmidas, como para tornar produtivas áreas prejudicadas pelo déficit de precipitação (LIMA, FERREIRA e CHRISTOFIDIS, 1999).

É essencial a análise da necessidade de irrigação nas variadas culturas e a aplicação de técnicas eficientes que tragam retornos financeiros e sociais de acordo com os custos de implantação, manutenção e uso da água e energia desses sistemas. A meta é atingir equilíbrio entre a segurança hídrica, segurança alimentar e segurança energética (ASSAD, 2016)

Segundo Camargo (2016), a prática da irrigação sempre foi tida como vilã quando se trata do uso racional dos recursos hídricos. Essa associação se torna verdadeira no momento que se constata que em várias áreas irrigadas não há um programa de manejo de irrigação eficiente e muito menos existe preocupação dos produtores com tal situação.

De modo a se alcançar o êxito na agricultura irrigada e no uso eficiente da água é necessário atuar em três principais pontos: primeiro: no sistema de irrigação existente, avaliando as características, limitações e possibilidades do projeto e do sistema de irrigação implantado; segundo: em termos de cultivo, obtendo dados específicos das culturas irrigadas e de aspectos locais, como clima e solo; terceiro: no método e nas práticas de manejo de irrigação adotados (COELHO, COELHO FILHO e OLIVEIRA, 2005)

O sistema de irrigação por pivô central tem ganhado aceitação nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, pelo fato de atingir grandes áreas, ter facilidade de manejo, possibilitar o uso de pequenas lâminas a intervalos reduzidos, além de permitir o uso facilitado de máquinas. Contudo, caso não seja efetuada manutenção e manejo da irrigação adequados, ele se torna um dos sistemas que mais desperdiça água na agricultura. (CAMARGO, 2016)

Diante desse contexto, o presente trabalho se dividiu em duas etapas: a primeira que, através da elaboração e aplicação de um questionário, busca retratar o perfil do produtor irrigante da região do município de Primavera do Leste, localizado no estado de Mato Grosso no Centro-Oeste brasileiro; a segunda, consiste em realizar a análise do consumo de água, tomando como base a plataforma da empresa iCrop que atua na área de consultoria em gestão de irrigação, em relação ao manejo adotado, considerando a produtividade, de duas fazendas que utilizam métodos de manejo diferentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o perfil dos produtores irrigantes e o consumo de água conforme diferentes métodos de manejo de irrigação em fazendas que fazem uso de pivôs-centrais na região de Primavera do Leste - MT.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o perfil do produtor irrigante local;
- Selecionar duas fazendas com métodos de manejo diferentes e identificar o manejo de irrigação realizado e os critérios de tomada de decisão para irrigação;
- Avaliar o consumo de água conforme o manejo adotado e os excessos de água aplicados, através de estudos de solo, avaliações de desempenho e simulação da plataforma da empresa iCrop.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CRISE ALIMENTAR E O CRESCIMENTO POPULACIONAL MUNDIAL

Recursos como água e solo (uso e ocupação) são indispensáveis no que se refere à segurança na distribuição de alimentos no mundo. Pressão demográfica, mudanças climáticas e o aumento da competição pela água e pela terra são fatores que aumentam a vulnerabilidade da produção de alimentos, principalmente em continentes como África e Ásia. O desafio de prover alimento suficiente para a população mundial nunca foi tão grande (DUBOIS, 2011).

Segundo as prospecções de crescimento populacional mundial, em 2017 a população mundial era de aproximadamente 7,6 bilhões de habitantes, com um ritmo de crescimento demográfico mundial acima dos 70 milhões de pessoas por ano. A esse ritmo, a população mundial em 2030 estará entre 8,4 e 8,9 bilhões, em 2050 estará na ordem dos 9 bilhões e, até ao final do século, serão mais de 10 bilhões de habitantes. (UNITED NATIONS, 2017)

A questão que se coloca é como atender tamanha população de forma a minimizar e evitar conflitos com o meio ambiente, como uso extensivo de recursos naturais, degradação de solos e desmatamento, com a organização social e sistemas econômicos, no âmbito de crises financeiras, desigualdade social, uso e ocupação da terra, e também no desenvolvimento tecnológico, que envolve a dinâmica de transporte em massa, comunicação e automação de equipamentos.

Segundo Rodrigues (2018), para atender ao crescimento populacional e às novas demandas por alimentos, a produção mundial de cereais terá que aumentar cerca de 1 bilhão de toneladas até o ano 2030. Esse aumento previsto dependerá, principalmente, da disponibilidade hídrica para atender as demandas de irrigação, responsável por cerca de 80% dessa produção adicional de alimentos.

3.2 O POTENCIAL BRASILEIRO NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

O Brasil é considerado atualmente como um dos maiores produtores de alimentos no cenário mundial, com grande potencial a ser explorado ainda (CONTINI, MARTHA JUNIOR, 2010). Nas últimas décadas, o Brasil tem apresentado um forte crescimento do seu Produto Interno Bruto (PIB) e em 2017 a agricultura e o agronegócio no Brasil chegaram a contribuir com 23,5% do PIB do país, a maior participação

nos últimos 13 anos, sendo o único setor a mostrar crescimento na geração de empregos (IBRAHIM, 2018).

O País possui um território de lavouras de mais de 63 milhões de hectares (LIMA, 2017), sendo 7 milhões de hectares irrigados, tendo papel significativo na produção agrícola mundial. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Água e a Agricultura (FAO) (2017), é um dos poucos países do mundo, se não o único, que possui capacidade de aumentar em até três vezes a área do cultivo irrigado de forma sustentável, contribuindo efetivamente com o meio ambiente, o desenvolvimento social e econômico do País.

Em 2016 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o Plano para Expansão, Aprimoramento e Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Irrigada no Brasil que tem como objetivo expandir em 5 milhões de hectares a área irrigada em 10 anos (ALISKI, 2018). De acordo com a Fundação De Estudos Agrários Luiz De Queiroz (FEALQ) (2014), através do Estudo de Análise Territorial para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil, o País apresenta grande potencial de expansão da área irrigada, especialmente na região do Centro-Oeste.

Conforme afirma a Agência Nacional das Águas (ANA) (2017a), o Centro-Oeste viveu um processo de expansão agrícola acelerado a partir da década de 70 e passou a agregar áreas irrigadas ainda mais expressivas a partir dos anos 90. Foi a região que apresentou maior expansão nos últimos 20 anos, quadruplicando sua área para 1,2 milhões de hectares (Mha) em 2015.

As áreas irrigadas correspondem a aproximadamente 20% da área total cultivada do planeta, porém chegam a produzir mais de 40% dos alimentos, fibras e culturas bioenergéticas. No Brasil a produtividade média obtida em áreas irrigadas é na média 2,7 vezes maior que a obtida através da agricultura tradicional de sequeiro, que é dependente do regime, muitas vezes irregular e inconstante, de chuvas (FAO, 2017).

Segundo a ANA (2017a), indicadores de produtividade do ano de 2015, para importantes grãos presentes no hábito alimentar do brasileiro, mostram que o rendimento em condições predominantemente irrigadas é superior à produção de sequeiro (não irrigada), sendo 3,6 vezes maior para o arroz, 2,5 para o feijão e 2,2 para o trigo.

3.3 AGRICULTURA IRRIGADA

A atividade denominada agricultura irrigada corresponde à prática agrícola com uso de irrigação, ou seja, a utilização de um conjunto de

equipamentos e técnicas com o objetivo de suprir a deficiência total ou parcial de água para as culturas (ANA, 2017a).

Para Lima, Ferreira e Christofidis (1999) agricultura irrigada é o conjunto de técnicas e procedimentos destinados a transportar água no tempo ou espaço para modificar as condições agrícolas de cada região. A agricultura irrigada visa corrigir a distribuição natural das chuvas. Esse processo tem como principal finalidade maximizar produção e devido às características climáticas tem chamado atenção nas regiões nordeste e centro-oeste do Brasil.

Além de auxiliar nas demandas de cultivo, a irrigação apresenta outros potenciais benefícios, dentre os quais pode-se destacar: aumento da produtividade na ordem de 2 a 3 vezes em relação à agricultura de sequeiro variando conforme o tipo de cultura; redução do custo unitário de produção; utilização do solo durante todo o ano com até três safras ao ano; aumento na oferta e na regularidade de alimentos e outros produtos agrícolas; atenuação do fator sazonalidade climática e dos riscos de produção associados; preços mais favoráveis para o produtor rural; maior qualidade e padronização dos produtos agrícolas; abertura de novos mercados, inclusive no exterior; produção de sementes e de culturas nobres; elevação da renda do produtor rural; regularidade na oferta de empregos; modernização dos sistemas de produção, estimulando a introdução de novas tecnologias; maior viabilidade para criação de polos agroindustriais. (ANA e EMBRAPA, 2016).

Segundo Costa (1991) ainda que a irrigação seja uma técnica que visa o aumento da produtividade das culturas, em especial em regiões mais secas, principalmente em épocas de escassez de chuva, pode apresentar grande impacto nas disponibilidades hídricas dos mananciais, visto que requer elevadas quantidades de água. Deve-se dar maior atenção para essas regiões quanto ao gerenciamento da água para irrigação que, geralmente, consome grande volume comparado ao consumo urbano e industrial.

A agricultura irrigada é um dos usos consuntivos da água, ou seja, altera as condições do ambiente na medida em que é retirada e a maior parte é consumida pela evapotranspiração das plantas e pela evaporação direta do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos. Mesmo que o ciclo hidrológico seja fechado, o consumo significa que a água fica indisponível para outras aplicações naquela localidade no curto espaço de tempo e também não garante a qualidade da água que retorna ao ciclo (ANA, 2017a).

Apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. É possível

prever um aumento da produção agrícola no hemisfério sul, devido à elevação da intensidade do uso do solo, que sob efeitos da irrigação, pode produzir até três cultivos por ano. Estima-se que, a nível global, no ano de 2020 os índices de consumo de água para a produção agrícola sejam mais elevados nos países da América do Sul, da África e na Austrália (PAZ, TEODORO e MENDONÇA, 2000).

Quando realizada de modo correto a agricultura irrigada pode se tornar sustentável, apresentando práticas e atividades de maior custo, porém de benefícios proporcionalmente maiores. Como por exemplo, o emprego de novas tecnologias e aumento de produção em áreas de agricultura e pecuária já existentes, evitando a busca por novas fronteiras agrícolas e desmatamento de novas áreas (FAO, 2017).

Rodrigues (2018) destaca que agricultura irrigada deverá se adaptar a uma sociedade cada vez mais dinâmica e exigente em questões relacionadas à qualidade da alimentação e às questões sociais e ambientais e terá que enfrentar desafios políticos, ambientais, de capacitação, técnicos, tecnológicos e climáticos.

3.4 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS

A água, além de ser um recurso essencial à sobrevivência dos seres vivos da Terra, especialmente dos seres humanos, é uma substância fundamental para a manutenção dos ecossistemas. É solvente universal e apresenta grande importância na absorção de nutrientes do solo pelas plantas; sua elevada tensão superficial permite a formação da franja capilar no solo e ainda é indispensável às formações hídricas atmosféricas, regulando o clima. Infelizmente, através das ações humanas indevidas sobre o meio ambiente, esse recurso está cada vez mais limitado, exaurido e encontrado com baixa qualidade (PAZ, TEODORO e MENDONÇA, 2000).

Dadas as dimensões do País, a variabilidade climática anual e sazonal no território brasileiro é significativa. Como era de se esperar, essa variabilidade é o maior condicionante da disponibilidade hídrica. As precipitações em todo o País, em sua maioria, atingem valores acima dos 1000 mm, com exceção da região Nordeste, caracterizado pelo clima semi-árido. Na Amazônia a precipitação chega a valores superiores aos 2000mm, praticamente sem períodos de estiagem. O Sul do Brasil é marcado por verões secos e invernos úmidos. Já na região Sudeste o verão é chuvoso e úmido e o inverno seco. No Centro-Oeste a predominância de chuvas ocorre no verão, mais de 70% do total das chuvas acontecem

entre novembro e março, o inverno é muito seco e as chuvas são raras. (TUCCI, HESPANHOL, CORDEIRO NETTO, 2001)

De maneira geral, o Brasil é privilegiado, pois abriga cerca de 13% da água doce do Planeta. Ainda que abundante, a disponibilidade hídrica superficial no Brasil não é uniforme, existem regiões com grande demanda, onde há pouca disponibilidade, ocasionando conflito pelo uso da água. Cerca de 80% da água doce do Brasil se encontra na bacia Amazônica, que possui menos de 5% da população brasileira. Logo, onde residem os demais 95% da população, apenas 20% da água está disponível (LIMA, FERREIRA e CHRISTOFIDIS, 1999). Sendo assim, a ocupação do território brasileiro pela agricultura irrigada deve levar em consideração a distribuição da água e da população, de modo que garanta quantidade e qualidade, visando o sucesso da produção e minimizando o conflito com outros usuários (FAO, 2017).

Conforme os resultados do levantamento atual da irrigação no Brasil, a atividade é responsável pela retirada de 969 m³/s e pelo consumo de 745 m³s⁻¹. Considerando os demais usos consuntivos, esses valores correspondem a 46% da retirada e 67% da vazão de consumo. Com a projeção do aumento das áreas irrigadas, estima-se que a demanda de retirada passará para 1.338 m³/s em 2030 - aumento de 38%. Já a vazão de consumo, poderá alcançar 1.055 m³s⁻¹ - acréscimo de 42% (ANA, 2017a).

3.5 USO EFICIENTE DA ÁGUA

O conceito de uso eficiente da água estabelecido por Paz, Teodoro e Mendonça. (2000) inclui qualquer medida que reduza a quantidade de água utilizada em qualquer atividade e que favoreça a manutenção e a melhoria da qualidade da água. Este uso eficiente está relacionado a conceitos de manejo dos recursos ambientais, sendo essencial para o desenvolvimento sustentável que assegura a disponibilidade de recursos suficientes para as gerações futuras.

Faggion, Oliveira e Christofidis (2009) apontam que o uso da água de maneira inteligente e com técnicas adequadas pode contribuir para aumentar a sua disponibilidade, reduzindo problemas de déficit provocados pelo aumento da demanda social em relação à oferta ambiental.

Lima, Ferreira e Christofidis (1999) caracterizam o uso racional da água na agricultura como uma estratégia que demanda estudos que considerem os aspectos sociais, econômicos, técnicos e ecológicos da região. Quanto aos aspectos ecológicos, não se deve desconsiderar nem

supervalorizar o impacto ambiental para o desenvolvimento sustentável na irrigação da agricultura. É necessário obter dados confiáveis que permitam analisar corretamente a magnitude do impacto ambiental ocasionado pela irrigação, evitando apenas o crescimento com benefícios financeiros e desconsiderando problemas relacionados ao meio ambiente.

Na área de recursos hídricos, o termo “eficiência de uso da água” é empregado como sinônimo de eficiência de irrigação (ANA, 2013). A eficiência se dá pela relação entre o volume de água necessário para as plantas e o volume captado no corpo hídrico. A diferença entre esses valores é considerada como perda, isto é, a parcela de água retirada que não é aproveitada pelas plantas. As perdas são decorrentes de vazamentos nas tubulações de distribuição e no armazenamento, evaporação, arraste pelo vento, escoamento superficial e percolação profunda. As perdas não expressam necessariamente desperdício de água, já que nenhum equipamento tem a capacidade de oferecer eficiência de 100%, e a água se mantém no ciclo hidrológico (ANA, 2017a).

A eficiência de irrigação está diretamente ligada ao método e sistema de irrigação escolhido, porém, no Brasil, tende a ser mais influenciada pelas más práticas locais de operação dos equipamentos e de manejo da água e do solo. A eficiência também pode ser afetada por erros nas etapas de planejamento e de implementação da irrigação na propriedade. Algumas das falhas mais comumente encontradas são conjuntos motobomba mal dimensionados, equipamentos de baixa qualidade, má ancoragem de bombas e tubulações, entrada de sujeiras nas tubulações durante a montagem, falta de manutenção e instalação diferente do projeto concebido (TESTEZLAF, 2017).

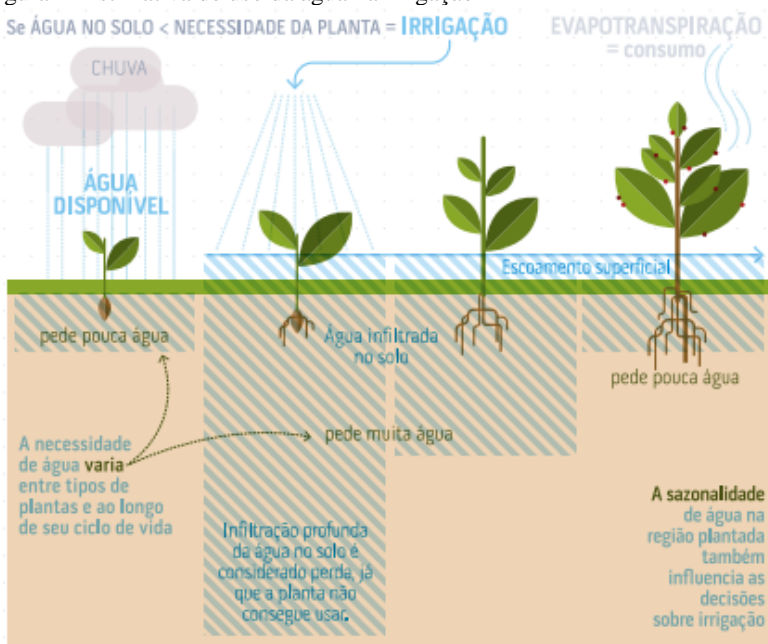
A eficiência de irrigação deve e tem que ser melhorada, mas é importante ressaltar que a irrigação não é a razão para os problemas hídricos observados recentemente no país. Já existe tecnologia e conhecimento suficiente para promover o uso sustentável e racional da água na agricultura. O maior desafio é fazer com que os conhecimentos e as tecnologias disponíveis cheguem à maioria dos irrigantes para que possam ser efetivamente aplicados. Nas últimas décadas, os irrigantes brasileiros têm demonstrado criatividade e resiliência para responder às mais variadas mudanças no cenário agrícola, mas precisam do auxílio de políticas de Estado efetivas que deem à sua atividade segurança jurídica, ambiental, hídrica e energética para que possam continuar fazendo o que sabem fazer de melhor: produzir alimentos com sustentabilidade (RODRIGUES, 2018).

3.6 MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Manejo de irrigação significa definir quando e quanto irrigar para obter maior produtividade e qualidade da produção, maximizar a eficiência do uso da água e energia e minimizar a ocorrência de doenças e pragas (MAROUELLI, SILVA e SILVA, 2008).

De acordo com Tormena et al. (1999) o manejo de irrigação de uma cultura deve ser realizado com o objetivo de se obter produção ótima do ponto de vista econômico. A irrigação tem como meta principal repor ao solo a quantidade de água necessária à cultura, e o momento correto de se irrigar é aquele quando a disponibilidade de água no solo assume valor limite, ao qual, abaixo, a planta é afetada pela restrição de água (Figura 1).

Figura 1- Estimativa de uso da água na irrigação



Fonte: ANA (2017c)

Para Hernandez (1999) a irrigação não pode e não deve ser entendida exclusivamente como um procedimento artificial para suprir às condições de umidade de solo visando à melhoria da produção agrícola,

seja em quantidade ou em qualidade. Na verdade, ela consiste em um conjunto de operações necessárias ao atendimento das necessidades de água para as plantas, ultrapassando a relação solo-água-planta, agregando também o clima, o homem e o meio ambiente.

São diversos os fatores que interferem na decisão de se irrigar ou não, entre eles pode-se citar a quantidade e a distribuição da chuva, o efeito da irrigação na produção de culturas, a demanda de água das culturas e a qualidade e disponibilidade da água na fonte. O mais importante entre eles é a quantidade e distribuição das chuvas. Em regiões como o Cerrado brasileiro, é normal a ocorrência de períodos de seca entre períodos chuvosos, que causam a quebra na produtividade e na qualidade de muitas culturas. Além disso, algumas espécies de hortaliças necessitam irrigação frequente durante todo o ciclo. Logo, o estudo do histórico de pluviosidade anual é fundamental na tomada de decisão de irrigar (ANDRADE, 2001).

De acordo com Marouelli (2014), o manejo de irrigação é comumente associado a um elevado nível tecnológico, ainda assim, a irrigação no Brasil apresenta grande desperdício de água, até em regiões onde há pouca disponibilidade hídrica. Isso ocorre devido ao uso de sistemas de irrigação ineficientes, à falta de manutenção de equipamentos e, principalmente, à falta de conhecimento do produtor da capacidade de armazenamento de água dos solos, das necessidades de água das plantas e dos problemas causados por uma irrigação inadequada.

A realidade da agricultura irrigada brasileira indica tanto a falta de planejamento nos projetos de irrigação, como a falta de preocupação com o manejo e operação adequados, o que resulta em baixa eficiência na utilização dos recursos, como água e consequentemente, energia, e no comprometimento da produtividade (FERREIRA, 1993, apud SANTOS NETO et. al., 2013).

O desperdício de água verificado, além de ser responsável pelo aumento dos custos de produção, favorece a geração de custos ambientais pelo comprometimento da disponibilidade de água. Tal situação tem feito com que vários projetos de irrigação, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo, chegassem a uma condição de baixa sustentabilidade econômica e socioambiental (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006).

A maioria dos produtores brasileiros têm consciência das diversas formas de manejo racional existentes, no entanto muitos ainda não optam por sua adoção, nem pela instalação de equipamentos adequados que possibilitem a medição da quantidade de água retida no solo e a avaliação da evapotranspiração (CAMARGO, 2016).

O manejo de irrigação impróprio e o desempenho da atividade sem nenhum critério técnico não é surpresa, inclusive, muitos produtores confirmam que não irrigam corretamente. Pelo fato de as hortaliças demandarem grandes quantidades de água, por segurança, geralmente, são irrigadas em excesso, com a expectativa de produtividade garantida, o que de fato não é verdade. A estratégia da irrigação demasiada pode não garantir o suprimento de água, normalmente o excesso de água escoar para além da zona de raízes ficando indisponível às plantas (MAROUELLI, 2014).

A água, além de suprir as necessidades hídricas das culturas, é responsável por solubilizar e disponibilizar os nutrientes do solo. Quando expostas a condições de excesso ou falta de água, as plantas ficam mais predispostas a doenças e ao ataque de pragas (MAROUELLI, W. A.; CALBO, 2009). Segundo Marouelli, Silva e Silva (2008), é possível obter um aumento na produtividade na maioria das culturas entre 10% e 30% e ainda assim reduzir em 30% o uso da água na irrigação somente por meio da aplicação de medidas adequadas de manejo de irrigação.

3.6.1 Parâmetros avaliados para tomada de decisão

O conhecimento do conteúdo de água no solo é fundamental nas práticas de irrigação e na quantificação da dinâmica de água. Quanto à capacidade de armazenamento de água, sabe-se que nem toda a água retida pelo solo está disponível às plantas (Figura 2), (Marouelli, Silva e Silva, 2008). Para sua quantificação, é necessária a determinação, de parâmetros físicos do solo estudado, meteorológicos da região e característicos da planta, sendo eles:

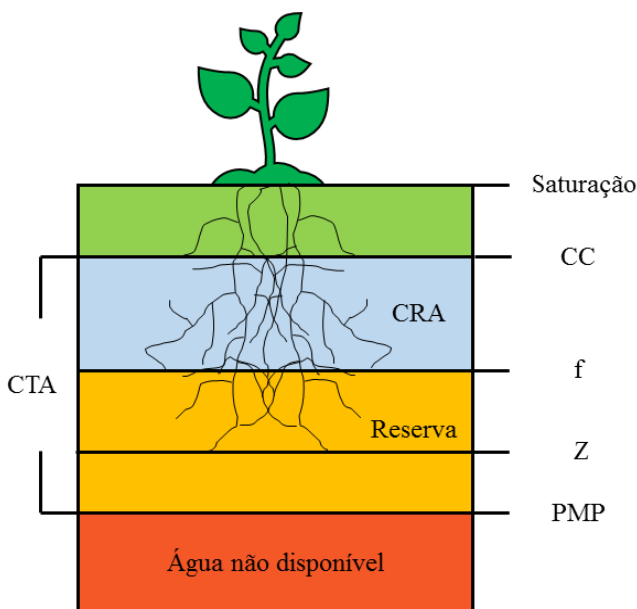
- Umidade do solo (H): define-se a umidade de um solo como sendo a razão entre o peso da água contida num certo volume de solo e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume, expressa em porcentagem. Indica em qual condição hídrica o solo se encontra; (CAPUTO, 1981)
- Capacidade de Campo (CC): quantidade de água retida pelo solo (devido a forças matriciais e capilares) depois que o excesso é drenado livremente pela ação da gravidade. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 2008)

- Ponto de Murcha Permanente (PMP): limite mínimo de umidade existente no solo abaixo da qual uma planta em crescimento ativo apresenta perda de turgescência das folhas da qual não se recupera mesmo quando colocada em atmosfera saturada durante a noite. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 1996)
- Profundidade efetiva do sistema radicular (Z): parcela do solo onde 80-90% do sistema radicular esteja contido. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 1996)
- Capacidade Total de Água no Solo (CTA): lâmina de água total disponível na camada de solo, diferença entre CC e PMP. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 2008)
- Fator de disponibilidade de água no solo (f): parâmetro que limita a parte da água disponível do solo que a planta pode utilizar, sem causar danos ao sistema ou perdas de produtividade, também atua como fator de segurança (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006);
- Capacidade Real de Água no Solo (CRA): parte da CTA limitada por Z e pelo fator f. (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006)
- Evapotranspiração de referência (ET_o): demanda hídrica de uma região e depende única e exclusivamente das condições climáticas do local (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006);
- Evapotranspiração da cultura (ET_c): quantidade de água evapotranspirada por uma cultura crescendo sem restrições de umidade, fertilidade ou qualquer outro fator. Para fins de manejo da água de irrigação, a evapotranspiração da cultura tem sido estimada indiretamente a partir da ET_o por meio de coeficientes de cultura. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 1996)
- Coeficiente de cultura (K_c): determinados empiricamente, a partir da medição direta da evapotranspiração da cultura em condições de campo, considerando as necessidades hídricas de

cada espécie vegetal, nas suas diversas fases de desenvolvimento. (MAROUELLI, SILVA E SILVA, 2008)

- Precipitação Efetiva (Pe): parte da chuva que fica disponível a planta para suprir as necessidades de evapotranspiração da cultura. Ocorre em função do tipo de solo, da cobertura vegetal, da intensidade da precipitação e da declividade do terreno. É a diferença entre a precipitação total e a parcela que percola e que escoam superficialmente. (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006)

Figura 2 – Diagrama de disponibilidade de água no solo



Fonte: Adaptado de MANTOVANI, BERNARDO E PALLARETI (2006).

3.6.2 Métodos de manejo de irrigação

A aplicação dos métodos propícios de manejo deve ocorrer inicialmente na fase de planejamento e dimensionamento dos sistemas de irrigação e continuar durante a operação. Fica claro, através da escassez de informações completas sobre os parâmetros de manejo, que ainda há muitas lacunas nas pesquisas e falta de sistematização das informações

existentes. A desinformação, a falta de capital e o baixo padrão na capacitação e treinamento dos irrigantes têm sido fatores marcantes nas baixas eficiências e na tomada de decisão da aplicação de água, assim como no uso de sistemas de irrigação de baixa eficiência (SOUSA et. al. 2011).

Em todo e qualquer empreendimento, para ser viável, os benefícios da adoção de uma tecnologia devem ser maiores que os custos. A aplicação de medidas e estratégias adequadas para o manejo de irrigação se torna viável do ponto de vista econômico e ambiental quando possibilita o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade das culturas, a economia de água, de energia e defensivos agrícolas, e também quando contribui na atenuação da redução de fontes de água de boa qualidade (MAROUELLI et al., 2000).

3.6.2.1 Método do turno de rega

O método do turno de rega propõe o controle da irrigação pela determinação antecipada de intervalos entre as irrigações, variando conforme o estágio de desenvolvimento da cultura. Os fatores determinantes desse método são a capacidade de armazenamento de água pelo solo, as condições climáticas e do tipo da cultura (MAROUELLI, SILVA e SILVA 1986).

Esse método possui baixa precisão devido às condições dinâmicas do ambiente, principalmente as de caráter meteorológico. Vale lembrar também que a necessidade de água das plantas depende de um conjunto de parâmetros que interagem entre si e estão em constante mudança. Assim, esse método só é recomendado quando não há a disposição de equipamentos que permitam o uso de um método mais preciso (SOUSA et. al., 2011).

No que se refere ao controle e eficiência de irrigação, não é o método mais criterioso, já que os dias de irrigação são previamente determinados, a água pode ser aplicada em excesso ou em quantidade insuficiente para o cultivo. No entanto, é o método utilizado para o dimensionamento e cálculo da vazão de projeto do sistema de irrigação (ANDRADE JÚNIOR, 1992).

3.6.2.2 Método do balanço de água no solo

De acordo com Albuquerque (2010), o balanço hídrico é resultado da aplicação do princípio da conservação da massa, nesse caso a água, em um determinado volume de solo, pode ser considerado um sistema

contábil de monitoramento da água no solo. O balanço entre as entradas e saídas de água do solo em um intervalo de tempo estabelecido representa a variação do armazenamento. Essa metodologia de balanço hídrico tem sido aplicada com o intuito de quantificar as deficiências hídricas e as necessidades de irrigação, que são informações essenciais para o planejamento da irrigação a nível de propriedade e/ou em escala regional (ANDRADE JÚNIOR, 2000).

Em resumo o método consiste em realizar um balanço diário da água disponível no solo, isto é, o cálculo da lâmina de água disponível a planta no solo. Esse método é um pouco mais criterioso que o método do turno de rega, já que para sua aplicação é necessário um controle diário da precipitação e da evapotranspiração da cultura (ANDRADE JUNIOR, 1992).

Na prática, o método pode ser aplicado de diferentes maneiras, variando conforme seus parâmetros são analisados. A mais comum é a avaliação diária da lâmina de água disponível no solo por meio da precipitação local e evapotranspiração estimada, assim a irrigação deve ser executada quando a disponibilidade de água estiver reduzida a um valor que não prejudique o desempenho da cultura, isto é, causando estresse hídrico (MAROUELLI, SILVA e SILVA, 1996).

O planejamento das irrigações pode ser feito de forma manual, por meio de planilhas eletrônicas ou até pelo uso de programas de computador específicos (SOUSA et. al., 2011). O recente avanço tecnológico nas áreas de informática, comunicação, estações agrometeorológicas e transmissão de dados via satélite, rádio e celular, segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), facilitaram a expansão e a acessibilidade de dados climáticos em tempo real para sua aplicação no manejo da irrigação.

3.6.2.3 Método do estado da água no solo

O método de estado de água no solo funciona de forma simples, onde a irrigação é efetuada quando a quantidade de água no solo atingir um valor mínimo que não cause estresse hídrico nas plantas, prejudicando seu desenvolvimento (MAROUELLI, SILVA e SILVA, 1996).

O manejo de água através desse método permite o controle da irrigação em tempo real, uma vez que os instrumentos de medição estão instalados em campo, o que torna indispensável seu monitoramento contínuo. As medições podem ser feitas pelo uso de sensores que medem diretamente a tensão de água, como tensiômetros, ou a umidade do solo, como sensores capacitivos. Ainda, é possível realizar amostragens de

solo, pela gravimetria e também por tato-aparência, que apesar de ser um meio empírico, viabiliza uma avaliação qualitativa da quantidade de água disponível no solo (SOUSA et. al., 2011).

O tensiômetro, segundo Azevedo e Silva (1999), por ser um aparelho simples, barato, que não requer calibração ou qualquer fonte de potência e que fornece leitura instantânea é um instrumento bastante útil no auxílio do manejo de irrigação. Para se obter resultados confiáveis, se recomenda que para uma unidade de irrigação, deve-se instalar tensiômetros pelo menos em três pontos representativos da área, ou mais, com controle da irrigação feito pela média das leituras. Além disso, é indicado que sua instalação seja feita em duas profundidades, $\frac{1}{3}$ e $\frac{2}{3}$ da profundidade efetiva do sistema radicular das plantas, com o resultado final sendo a média das duas leituras (MAROUELLI, SILVA e SILVA, 1996).

3.7 IRRIGAÇÃO POR PIVÔS CENTRAIS

O pivô central é uma tecnologia de irrigação amplamente utilizada no Brasil, principalmente nos estados de forte atividade agrícola do Centro-Oeste e do Sudeste. Levantamentos recentes indicam que a área irrigada por pivô central no Brasil é de 1.179.176 ha. O estado do Mato grosso possui uma área de 67.071ha irrigada por pivôs centrais e um total de 553 unidades do equipamento. (ANA e EMBRAPA, 2016)

Os pivôs centrais de irrigação são sistemas que funcionam por aspersão. Nestes sistemas a distribuição da água é feita na forma de gotas, obtidas pela pressurização da água durante a passagem pelos orifícios dos aspersores, criando, então, o efeito de chuva (TESTEZLAF, 2017).

Segundo Andrade (2001) as principais vantagens apresentadas pelo sistema de irrigação por aspersão são a facilidade de adaptação às diversas condições de solo, culturas e topografia, maior eficiência potencial que outros métodos de irrigação, podendo atingir de 80% a 90% de eficiência, além de poder ser totalmente automatizado. Já suas limitações consistem em custos de instalação e operação elevados e influência de condições climáticas, como vento e umidade relativa.

O sistema de pivô central é composto por uma linha lateral (LL) de aspersores montada sobre armações metálicas com rodas, as torres, possuindo uma extremidade fixa, interna, chamada de pivô, por onde entra a água e a outra, externa, movendo-se continuamente em torno do pivô durante a aplicação de água. Os aspersores mantêm-se a uma altura entre 2,70m e 3,70m do chão. O espaçamento entre as torres é variável, dependendo do projeto. A velocidade do movimento de cada torre e o

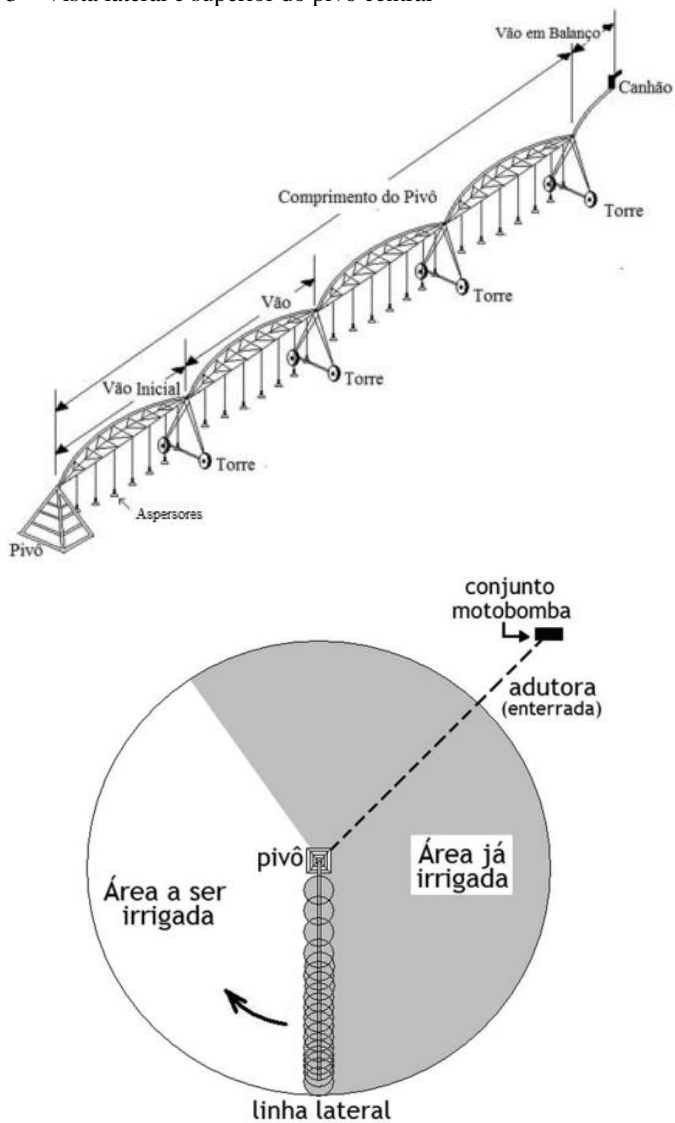
alinhamento é comandado por uma caixa de controle existente em cada torre. O Pivô central ainda possui uma caixa de controle central e é acionado por energia elétrica (CASTRO, 2003).

A velocidade de deslocamento do pivô é ditada pela velocidade da última torre, que também determina a lâmina a ser aplicada: quanto menor for a velocidade de rotação do pivô, maior será a lâmina de água aplicada. A configuração da velocidade na maioria dos pivôs é feita pelo percentímetro, que determina a parcela do tempo em que o pivô se movimenta e a parcela em que fica parado. Idealmente a área irrigada do pivô deve estar entre 50 e 70 ha, uma vez que pivôs centrais com laterais muito longas, quando não dimensionados corretamente, podem apresentar sérios problemas de erosão na extremidade externa, em função da taxa de infiltração de água no solo. Isso ocorre, pois, a velocidade na extremidade externa é maior que nas partes mais internas da lateral, assim, para atender a lâmina desejada, os aspersores devem liberar mais água (ANDRADE, 2001).

Nas regiões do Centro-oeste e Sudeste o uso do sistema de irrigação por pivô central tem ganhado grande aceitação, visto que permite atingir grandes áreas, possui facilidade de manejo e permite o uso facilitado de máquinas. Contudo, tem potencial para se tornar um dos sistemas que mais desperdiça água na agricultura quando não se dá a devida manutenção e se é realizado um manejo inadequado (CAMARGO, 2016).

No horizonte 2030 é prevista uma maior participação da irrigação localizada e dos pivôs centrais nas demandas da agricultura irrigada, já que são os métodos mais eficientes no uso da água (ANA, 2017a).

Figura 3 – Vista lateral e superior do pivô central



Fonte: BISCARO, 2009

3.7.1 Avaliação de desempenho do pivô central

O manejo da irrigação com o uso de pivô central demanda conhecimento de parâmetros climáticos, de características das culturas, dos solos e dos recursos hídricos e também o conhecimento da distribuição e quantidade de água aplicada e das eficiências de aplicação e distribuição (FURUKAWA et al., 1994)

Na irrigação por aspersão o sistema precisa ser avaliado após a implantação do projeto, visando verificar se o seu desempenho está de acordo com o que foi preestabelecido possibilitando, se necessário, a realização de ajustes para melhorar a sua performance, com o objetivo de avaliar a qualidade da manutenção e do manejo do sistema (MOURA ROCHA, 1999).

De acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), a uniformidade da irrigação é um parâmetro utilizado para medir a variabilidade de água aplicada, sendo um dos principais componentes do diagnóstico da situação e eficiência do funcionamento do sistema. Tem como objetivo principal melhorar a produtividade da propriedade, visto que quanto maior a uniformidade, menor será a lâmina de água necessária para se atingir a mesma produtividade. Se a uniformidade de aplicação foi igual a 80%, significa que 20% da área está recebendo lâmina diferente da estabelecida.

A velocidade do vento é o elemento que mais prejudica a uniformidade de distribuição de água e, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar, favorece a perda por evaporação, afetando a eficiência de aplicação. A distribuição dos aspersores, a abertura dos bocais e a pressão de serviço (PS) dos emissores são outros fatores que afetam a uniformidade, e caso haja valores de pressão acima do recomendado é possível a ocorrência de fracionamento excessivo do jato de água, diminuindo o tamanho das gotas, facilitando a perda por evaporação e arraste das partículas (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2006).

3.8 MANEJO DE IRRIGAÇÃO: ALGODÃO

No planejamento e manejo de um sistema de irrigação é indispensável o conhecimento da demanda hídrica da cultura e a época oportuna da última irrigação, visto que o incremento da agricultura irrigada e dos custos de água e de energia induzem ao uso eficiente e racional da irrigação (OLIVEIRA e SILVA CAMPOS, 1997).

O regime e a quantidade de chuvas da região Centro-Oeste é adequado ao cultivo do algodão, visto que permite programar seu plantio de forma a aproveitar ao máximo o período de altas precipitações e colher na época da seca. A irrigação suplementar se faz necessária quando ocorrem veranicos ou quando o plantio é feito tardiamente. (GUERRA et al, 2002)

A necessidade de água da cultura do algodoeiro varia de 400 mm a 700 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas e da duração do ciclo do cultivo, o ciclo do algodão irrigado dura em média de 150-180 dias. O manejo da irrigação deve iniciar antes mesmo do plantio, pois, para a melhor germinação das sementes, a semeadura deve ser realizada em solo úmido. (ZONTA, 2016)

Segundo Bezerra et al. (2014), o algodão, durante sua fase inicial de crescimento e a fase vegetativa, é uma cultura tolerante a seca, permitindo um intervalo maior entre as irrigações, o que proporciona maior desenvolvimento do sistema de raízes, aumentando a capacidade da planta de absorver água e nutrientes do solo. Por outro lado, a fase de florescimento e enchimento das maçãs requer maior quantidade de água, pois nessa fase, a falta de umidade no solo pode causar a queda dos botões florais, diminuindo o número de maçãs por planta, resultando em perda da qualidade da fibra, ou seja, a fibra terá menor comprimento, resistência e maturidade. Um déficit hídrico severo durante esse período chega a ser responsável por perdas de produtividade na casa dos 50%. O ideal é manter a irrigação até que a área cultivada apresente em torno da metade dos capulhos abertos. Na fase final a irrigação deve ser menos frequente, para que se tenha umidade no solo para a aplicação de maturadores e desfolhantes e ao mesmo tempo ocorra um déficit hídrico controlado para acelerar a abertura das maçãs.

O algodoeiro herbáceo tem sido cultivado através do uso de diversos métodos de irrigação. No Brasil, os métodos de irrigação por aspersão vêm substituindo os métodos de irrigação por superfície, pelo fato de exigirem menor quantidade de água e menor demanda de mão de obra. A aspersão via pivô central no cultivo do algodoeiro é mais adotada pelos grandes produtores, a fim de atingir uma maior eficiência no uso da propriedade, com redução de mão de obra e automação do sistema (BEZERRA et al., 2014).

3.9 MANEJO DE IRRIGAÇÃO: FEIJÃO

Nota-se que a irrigação tem um papel fundamental no aumento da produtividade, estabilidade e qualidade na produção do feijão. O feijoeiro

é uma planta bastante sensível a umidade do solo, tanto deficiências como excessos de água, nas diferentes fases do ciclo, afetam a produtividade da cultura. De modo a garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade é fundamental o gerenciamento da irrigação do feijoeiro cultivado no Cerrado, baseado em critérios técnicos e econômicos, levando-se em conta a possibilidade de escassez de água. (FIGUERÊDO et. al., 2008)

A maior parte da produção de feijão irrigado no Cerrado do Brasil central ocorre de maio a setembro, período caracterizado pela ausência de chuvas e por condições reduzidas de umidade relativa (ROCHA, GUERRA e AZEVEDO, 2003). Conforme Silveira e Stone (1994), a lâmina necessária para suprir a demanda de água do feijoeiro durante seu ciclo varia de 300 mm a 400 mm, dependendo da capacidade de retenção de água do solo

A escassez de água moderada durante a fase vegetativa inicial não causa redução significativa no rendimento e pode até atuar na prevenção de proliferação de doenças na planta, porém o estresse hídrico prolongado no período entre a formação dos botões florais e o enchimento dos grãos nas vagens, restringe o crescimento vegetativo e reduz consideravelmente a produção de grãos, visto que neste período são determinados os componentes de rendimento, como, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso unitário da semente (SILVEIRA e STONE, 1994).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Primavera do Leste é um município brasileiro do estado de Mato Grosso. Localiza-se a uma latitude 15°33'32" S e a uma longitude 54°17'46" W, estando a uma altitude de 636 m (IBGE, 2010). A agricultura assume grande destaque na economia local, principalmente o cultivo da soja, algodão, milho e feijão (IBGE, 2017).

Segundo o levantamento realizado pela ANA e Embrapa (2016), em 2014, a cidade de Primavera do Leste já se encontrava entre as dez primeiras cidades com maior área irrigada do país, e a primeira do estado de Mato Grosso, com aproximadamente 20.000ha irrigados.

Em 2016, de acordo com Pinotti (2016), a região já contava com 238 equipamentos de pivô central espalhados em uma área de cerca de 31 mil hectares.

4.2 O PERFIL DO PRODUTOR IRRIGANTE LOCAL

De modo a caracterizar o produtor irrigante da região de Primavera do Leste - MT, foi elaborado e aplicado um questionário. O contato foi feito via telefone através dos números fornecidos pelo Sindicato dos Produtores Rurais da cidade.

O questionário busca conhecer quais produtores possuem áreas irrigadas e responder perguntas que retratem o comportamento dos irrigantes no que se refere a qual o tipo de manejo adotado, o método de irrigação utilizado, quem é o responsável pelo manejo dentro da equipe da fazenda, quais culturas são irrigadas e qual o resultado apresentado pelo tipo de manejo adotado.

O questionário está disponível no APÊNDICE A.

4.3 LOCAL DE ESTUDO

A partir da aplicação do questionário foram selecionadas fazendas para o estudo de caso. A avaliação do consumo de água do manejo foi realizada em duas fazendas onde os proprietários foram entrevistados e concordaram em ser parte do estudo. As fazendas foram escolhidas por apresentarem manejos de irrigação diferentes e por plantarem duas das principais culturas irrigadas da região.

Para o presente estudo foram utilizados dados de manejo de irrigação da Fazenda Cidade Verde, localizada no município de Poxoréo-MT a 17 quilômetros da cidade de Primavera do Leste – MT, latitude 15°25'21"S e longitude 54°22'20"W, e da Fazenda JB, localizada no município de Primavera do Leste - MT, a 15 quilômetros do centro da cidade, latitude 15°26'55"S e longitude 54°12'59"W.

A Fazenda Cidade Verde possui uma área total de plantio estimada em 12.000ha, com 1.765ha de área irrigada através de 10 pivôs centrais. De maneira a manter a qualidade do solo, existe uma rotatividade de plantio nos pivôs, em média, apenas 8 dos 10 pivôs produzem por safra, nos 2 pivôs restantes planta-se outros tipos de cultura. A fazenda faz duas safras por ano, plantando soja em setembro e algodão em janeiro.

A água utilizada para a irrigação é captada de dois rios que fazem fronteira com a propriedade. O Rio das Mortes supre a irrigação dos pivôs 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 e o Ribeirão dos Perdidos dos pivôs 1, 9 e 10, possuindo Outorga emitida pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA) do Estado do Mato Grosso.

O estudo foi realizado no pivô número 1 para a safra do algodão, que teve início no dia 22 de janeiro de 2018 e terminou no dia 15 de julho de 2018, completando um ciclo de 174 dias.

A Fazenda JB possui área total de cultivo de 570ha, sendo 246ha irrigados com o uso de 4 pivôs centrais. A fazenda produz 3 safras por ano, plantando soja em setembro, milho em janeiro e feijão em maio/junho. A água disponível para a irrigação dos pivôs é captada do córrego Várzea Grande, com outorga também emitida pela SEMA do Mato Grosso.

O pivô selecionado para estudo foi o pivô número 2 para a safra do feijão (Preto Uirapuru), que teve início no dia 18 de junho de 2018 e terminou no dia 22 de setembro de 2018, fechando o ciclo em 96 dias.

4.4 MANEJO DE IRRIGAÇÃO DA FAZENDA

Na Fazenda Cidade Verde, o manejo de irrigação é feito por um técnico agrícola e por um agrônomo que são responsáveis pelos pivôs, sua condição, estado e manutenção e pela realização das irrigações. Atualmente o método utilizado é o do balanço hídrico através do uso de planilhas eletrônicas.

As planilhas auxiliam na tomada de decisão sobre a necessidade ou não da irrigação, porém não determinam diretamente a lâmina a ser aplicada. Segundo o responsável pela irrigação, o objetivo é irrigar o máximo possível, durante o horário reservado, horário de baixo custo de

energia das 21:30h às 06h, para que a quantidade de água disponível não fique abaixo do nível que possa causar danos a produtividade. O responsável conta que em anos anteriores, pela restrição de irrigação, a produtividade foi comprometida pela escassez de água.

Com o objetivo de obter resultados mais precisos a fazenda conta com uma estação meteorológica que fornece dados climáticos e 10 pluviômetros que medem a precipitação em cada pivô. Além disso, a equipe realizou estudos de solo, determinando a capacidade de armazenamento do solo, e faz visitas periódicas a campo para avaliar a profundidade das raízes e a umidade do solo.

Na Fazenda JB, o responsável pelo manejo de irrigação é o agrônomo contratado; segundo ele, na fazenda não se adota nenhum método específico para determinar quando e quanto irrigar, apenas a experiência de campo, o estado visual e a textura do solo e o maior aproveitamento do horário reservado de energia. No entanto, existe um controle, na forma de calendário de irrigação, dos dias em que o pivô foi ligado e qual foi a lâmina de água aplicada.

A fazenda JB realizou o manejo de irrigação do pivô desta maneira até a metade da safra do feijão de 2018. Em julho de 2018, a fazenda passou a contratar serviços de consultoria para a gestão da irrigação da empresa iCrop, que instalou uma estação meteorológica importada calibrável, validada com uma estação Campbell Scientific, e um pluviômetro para cada parcela do pivô, para a obtenção dos dados climáticos, realizou estudos de avaliação de solo e de desempenho do equipamento e fez visitas periódicas para acompanhamento da cultura.

Paralelamente, a equipe simulou uma área hipotética, com as mesmas condições do pivô 2 da Fazenda JB, onde fosse conduzido o manejo da empresa desde o início do plantio.

O sistema de gestão iCrop consiste em uma prestação de serviço na área irrigada com objetivo de melhorar a gestão e rentabilidade da lavoura, através da utilização de uma plataforma online integrada que permite o acompanhamento instantâneo das áreas irrigadas, com visualização dos déficits hídricos em mapas, possibilidade de planejamento da irrigação, estudos climáticos e geração de relatórios de acompanhamento junto com relatórios de eficiência de consumo de água e energia.

4.5 AVALIAÇÃO DO MANEJO

A avaliação do consumo de água depende do funcionamento e manutenção adequada do sistema de irrigação implantado, do manejo de irrigação e das características locais de plantio, clima e solo.

A metodologia adotada para a avaliação do manejo de irrigação das fazendas é a utilizada pela empresa iCrop que acompanhou e auxiliou todas as análises e avaliações realizadas.

Para a Fazenda JB a avaliação do manejo se divide em dois períodos, de junho a julho onde o manejo foi realizado pela própria fazenda e de agosto a setembro com o manejo realizado pela empresa contratada, além da simulação da área hipotética.

Esse método é composto pela execução das seguintes etapas:

- Determinação da Capacidade real de água no solo;
- Diagnóstico do desempenho do equipamento;
- Apresentação de relatórios manejo/safra com destaque para cálculo do excesso da lâmina aplicada e o Custo do milímetro irrigado.

Cabe ressaltar que as tabelas, planilhas e algumas fórmulas matemáticas da plataforma da iCrop não serão expostas no trabalho por questões de sigilo comercial da empresa.

4.5.1 Capacidade real de armazenamento no solo

Para fins de manejo, é fundamental conhecer a capacidade de armazenamento de água do solo para, conforme a evapotranspiração da cultura, determinar o intervalo entre irrigações em cada fase de desenvolvimento das plantas (MAROUELLI, SILVA e SILVA, 2008).

A capacidade de armazenamento de água no solo varia em função do tipo de solo: solos argilosos e bem estruturados armazenam maior quantidade de água, já solos arenosos ou mal estruturados armazenam menos. Para se determinar a capacidade de armazenamento de água no solo é fundamental conhecer a umidade na capacidade de campo, no ponto de murcha permanente e a densidade aparente do solo (D_a) (ZONTA, 2016).

A determinação da CC foi realizada segundo as recomendações feitas por Zonta et al. (2016) e por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), a partir da construção de uma bacia no solo, com dimensões

aproximadamente 2m x 2m, levantando as laterais com taipa, de forma a aprisionar a água dentro da bacia. A bacia então foi preenchida com água, fornecida por caminhão pipa, até atingir a saturação do solo, procedimento que levou cerca de uma hora. Ao atingir a saturação do solo, a bacia deve ser coberta com lona a fim de evitar perdas por evaporação e entrada de água de irrigação ou chuva (Figura 4).

Foram construídas duas bacias, uma na parte alta (A) do pivô e outra na parte baixa (B), pois, após observação, notou-se a presença de dois tipos de solo diferentes abrangendo áreas significativas do pivô.

Figura 4 – Execução da bacia para determinação da CC



Fonte: O Autor.

A amostragem deformada foi realizada após 48 horas com trado manual, as amostras foram pesadas imediatamente, para garantir que não ocorresse perda de umidade, e identificadas. Depois de coletadas, as amostras foram para a estufa de secagem a 105°C por 24 horas, feito isso, foram pesadas novamente. Assim foi possível determinar a umidade na capacidade de campo em porcentagem:

$$CC = \frac{M1-M2}{M2-M3} \cdot 100 \quad (1)$$

CC: umidade na capacidade de campo (%);

M1: peso do solo + peso do recipiente (g);

M2: peso do solo seco + peso do recipiente (g);

M3: peso do recipiente da amostra (g).

Nas bacias da Fazenda Cidade Verde foram coletadas amostras em três camadas do solo, de 0 a 20cm, de 20cm a 40cm e 40cm a 60cm. Na

Fazenda JB foram coletadas amostras apenas em duas camadas, de 0 a 20cm e 20cm a 40cm. A definição da profundidade de amostragem é feita baseada na cultura explorada, sendo que o algodão possui raízes mais profundas do que o feijão.

Para a determinação do PMP e da Da do solo foi utilizada uma tabela que correlaciona a classificação de textura do solo com CC, Da e PMP da empresa iCrop, que foi desenvolvida a partir de histórico de dados de diversos tipos de solo e anos de atuação. Essa tabela foi desenvolvida por razões da alta intensidade de variações da densidade aparente em função de operações agrícolas que alteram substancialmente o solo. Para a elaboração da tabela, o PMP foi estabelecido pelo método laboratorial do extrator de Richards a partir de amostras de solo coletadas em campo. Segundo Nascimento (2009), a extração de água ocorre por diferença de potencial entre a placa porosa e a amostra de solo, é considerada umidade no ponto de murcha permanente a água retida no solo a tensões inferiores a -1500 kPa. Já a Da foi determinada pela extração de amostra indeformada do solo, pesagem e cálculo da relação massa/volume da amostra. Os valores da tabela da iCrop são coerentes com os valores expostos por Albuquerque (2010) disponíveis no ANEXO A.

Com os valores de CC, PMP e Da, é possível calcular a capacidade real de armazenamento de água no solo (Equação 2), que varia conforme a cultura, dependendo da profundidade efetiva do sistema radicular, do fator de disponibilidade de água no solo (faixa de segurança) e do estágio de desenvolvimento vegetativo da planta, valores estabelecidos pelo banco de dados da iCrop, compatíveis com os valores fornecidos por Albuquerque (2010) e Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), também apresentados no ANEXO A. Salvo situações onde eventos excepcionais tornam necessários ajustes desses parâmetros para que a condição em campo seja melhor representada.

A CRA é calculada para as diferentes camadas de solo e para os diferentes estágios vegetativos das culturas:

$$CRA = \frac{CC - PMP}{10} \cdot D_r \cdot Z \cdot f \quad (2)$$

onde:

CRA: Capacidade Real de Água no Solo (mm);

CC: Umidade na capacidade de campo em peso (%peso);

PMP: Umidade no ponto de murcha permanente em peso (%peso);

D_r : Densidade relativa do solo em relação a água;

Z: Profundidade efetiva do sistema radicular (cm);
f: Fator de disponibilidade de água no solo.

4.5.2 Diagnóstico de desempenho do equipamento

Para o diagnóstico de desempenho do pivô é necessária a avaliação completa do projeto e do sistema instalado, desde o sistema de captação, conjunto motobomba, até o último aspersor da linha lateral. Todos os dados da avaliação do equipamento são registrados em uma ficha de controle. As fichas de controle das fazendas Cidade Verde e JB estão disponíveis no APÊNDICE B.

4.5.2.1 Composição estrutural do pivô

O pivô central avaliado da Fazenda Cidade Verde é da marca Fockink, com válvulas reguladoras de pressão de 15 Psi (105 kPa), com emissores tipo i-wob montados em bengalas flexíveis. O sistema é composto por 15 torres com a seguinte composição estrutural: 6 lances de 6 tubos, com diâmetro de 10", 7 lances de 7 tubos, com diâmetro de $8\frac{5}{8}$ ", 2 lances de 8 tubos, com diâmetro de $6\frac{5}{8}$ ", e 1 lance balanço de 4,5 tubos, 2 tubos com diâmetro de $5\frac{9}{16}$ " e 2,5 tubos com diâmetro de 4". Tendo um comprimento total de 726,6 m, abrangendo uma área de 165,86 ha.

O pivô central avaliado da Fazenda JB também é da marca Fockink, com válvulas reguladoras de pressão de 15 Psi, com emissores tipo xi-wob montados em bengalas flexíveis. O sistema é composto por 8 torres com a seguinte composição estrutural: 4 lances de 8 tubos, com diâmetro de $6\frac{5}{8}$ ", 4 lances de 7 tubos, com diâmetro de $6\frac{5}{8}$ ", e 1 lance balanço de 4 tubos, 2 tubos com diâmetro de $5\frac{9}{16}$ " e 2 tubos com diâmetro de 4". Tendo um comprimento total de 440 m, abrangendo uma área de 60,88 ha.

O mapeamento dos bocais foi feito através de visita a campo e uso de trena para a medição dos vãos e do espaçamento entre cada aspersor. Os bocais são identificados por sua numeração, quando a visualização da numeração fica comprometida, devido ao desgaste das peças, condições do equipamento ou intempéries, a identificação é feita através da cor e textura do bocal de acordo com sua abertura (Figura 5). A tabela de identificação dos bocais está no ANEXO B.

Figura 5 – Identificação visual do bocal



Fonte: O Autor.

4.5.2.2 Determinação da velocidade e verificação do percentímetro

A velocidade do pivô é determinada em campo com o pivô ligado e rodando com o percentímetro ajustado em 100%. São feitas três marcações de lances de 10 metros, medidos com trena, e cronometrado o tempo que o pivô leva para percorrer cada um dos lances (Figura 6). O valor da velocidade se dá através da Equação 3:

$$V = \frac{d}{T} \quad (3)$$

onde:

V: Velocidade (m/s);

d: Distância (m);

T: Média do tempo das três medições (s).

A verificação do percentímetro tem como objetivo conferir se a parcela do tempo em que o pivô anda e fica parado, conforme os ajustes do percentímetro, está correta. Assim, é possível identificar em qual faixa de ajuste do percentímetro o pivô deve atuar sem que ocorra desperdício de energia e água para cada momento em que este for acionado. A verificação é feita em campo com o percentímetro ajustado para 80%, 60%, 40% e 20% onde o tempo em que o pivô se move e fica parado é cronometrado, o período de observação é de um minuto. Os demais ajustes são calculados pela interpolação dos valores medidos.

Figura 6 – Determinação da velocidade do pivô em campo



Fonte: O Autor.

4.5.2.3 Avaliação do sistema motobomba

A avaliação do conjunto motobomba é feita com o objetivo de se encontrar o melhor ponto de trabalho do sistema, consistindo na coleta das informações do motor e da bomba fornecidas pelo fabricante (Tabela 1). Da bomba anota-se a marca, o modelo, diâmetro do rotor e nº de estágios. Do motor, a potência nominal (P_n), número de rotações por minuto (rpm), fator de serviço (FS), amperagem nominal (AN), fator de potência (FP) e rendimento.

Tabela 1 – Características conjunto motobomba

Bomba	Cid. Verde	JB
Marca	KSB	Imbil
Modelo	ETA 200-40	INI 125-315
Diâmetro rotor (mm)	341	323
n° de estágios	1	1
Motor	Cid. Verde	JB
Marca	Weg	Weg
Potência (CV)	150	75

Rpm	1785	1770
FS	1,15	1,0
AN (A)	204	102
FP	0,87	0,88
Rendimento (%)	94,1	94,4

Fonte: O autor.

Também são realizadas três medições de tensão e três medições da corrente de funcionamento do sistema com o uso de um multímetro da marca Minipa modelo ET-3200 (Figura 7).

Figura 7 – Medição de tensão e corrente



Fonte: O Autor.

No sistema de captação do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde estão instalados em série duas bombas e dois motores (M1 e M2) do mesmo modelo, assim as medições de corrente foram feitas para os dois motores.

Essas medições são realizadas para determinar o índice de carregamento (IC) do motor. O IC permite avaliar se o motor está dimensionado corretamente para o sistema, caso esteja superdimensionado, causa desperdício de energia. A Equação 4 (CAMPANA et. al., 2000) apresenta o cálculo do IC:

$$IC = \frac{\sqrt{3} \cdot \bar{V} \cdot \bar{I} \cdot FP \cdot n}{0,736 \cdot P_n} \cdot 100 \quad (4)$$

onde:

IC: Índice de carregamento do motor (%);

\bar{V} : Valor médio das medições de tensão (V);

\bar{I} : Valor médio das medições de corrente (A);

FP: Fator de potência;

n: Rendimento

P_n : Potência nominal do motor (CV)

4.5.2.4 Aferição de pressão do sistema

A pressão de serviço do pivô é máxima na entrada da adutora e decresce ao longo da tubulação de recalque e da linha lateral devido às perdas de carga, ocasionadas pelo atrito gerado pelo fluxo de água dentro da tubulação. (SILVA e AZEVEDO, 1998)

As medições de pressão (Figura 8) devem ser feitas com o pivô posicionado na parte alta, onde o sistema apresenta a maior carga de trabalho. Com o uso de um manômetro, a pressão é medida na bomba, primeiramente com a válvula fechada (VF) e depois com a válvula aberta (VA), também é necessário medir a pressão no centro do pivô, isto é, na entrada da linha lateral, e na sua extremidade, no final da linha lateral.

Figura 8 – Medição de pressão do sistema.



Fonte: O Autor.

Através da medição da pressão, é possível constatar a possibilidade de aumentar a vazão ou a necessidade de reduzi-la, a fim de adequar o sistema à sua máxima eficiência, otimizando o consumo de água e energia.

4.5.2.5 Determinação da vazão e da uniformidade de aplicação

Uma vez feito o diagnóstico de todas as partes do equipamento e estabelecidos os aspectos do projeto, pode-se determinar a vazão de operação do pivô, a lâmina de referência e a uniformidade de aplicação da lâmina de água.

A vazão de operação do pivô é calculada pelo somatório das vazões descarregadas pelos bocais, já identificados, distribuídos ao longo da linha lateral:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (5)$$

onde:

Q: Vazão de operação (m^3h^{-1});

Q_i : Vazão emitida pelo bocal i (m^3h^{-1});

n : Número total de bocais.

O ANEXO B apresenta a tabela da vazão descarregada para cada bocal de acordo com a respectiva pressão.

A lâmina de água de referência do pivô é a lâmina aplicada em um intervalo de tempo de 21h, número de horas total fora do horário de ponta (horário de maior custo de energia), representada pela Equação 6:

$$L = \frac{Q}{A \cdot 10} \cdot 21h \quad (6)$$

onde:

L: Lâmina de referência do pivô (mm);

Q: Vazão de operação do pivô (m^3h^{-1});

A: Área total irrigada pelo pivô (ha).

A determinação do coeficiente de uniformidade não segue as fórmulas estabelecidas pela literatura, a empresa adota um método próprio, que é baseado na engenharia do equipamento, verificando a vazão lançada em cada bocal e a área de abrangência, observando a sobreposição das lâminas e qual a lâmina final aplicada em cada ponto. Isso é feito através do uso de uma planilha eletrônica elaborada pela equipe técnica da empresa, onde se entra com o mapa de bocais e as medições de pressão, esses dados são cruzados com a tabela de vazão e pressão dos fabricantes dos aspersores, e tem como saída o coeficiente de uniformidade do equipamento em porcentagem.

Pelo fato de não existir comercialmente o bocal com o tamanho exato que garanta integralmente as condições hidráulicas do projeto, a uniformidade de aplicação estará sempre abaixo dos 100%. (SILVA e AZEVEDO, 1998)

Em alguns casos, deve-se substituir alguns bocais por tamanhos diferentes de maneira a melhorar a uniformidade e para aumentar ou diminuir a vazão, de acordo com as necessidades ou sobras de pressão. O aumento da uniformidade implica diretamente na diminuição no consumo de água e energia e no aumento da produtividade e homogeneidade da produção, evitando a formação de anéis. (MANTOVANI, BERNARDO, PALARETTI, 2006).

A economia direta com aumento da uniformidade é expressa pela Equação 7:

$$Economia = L_{ap} \cdot C_{mm} \cdot (U_f - U_i) \cdot A \quad (7)$$

onde:

Economia: Economia direta com o aumento da uniformidade (R\$);

L_{ap} : Lâmina total aplicada no pivô (mm)

C_{mm} : Custo do milímetro de água aplicado (R\$/mm/ha);

U_f : Uniformidade depois do redimensionamento (%);

U_i : Uniformidade antes do redimensionamento (%);

A: Área total do pivô (ha).

4.5.3 Excesso da lâmina de irrigação

O excesso de irrigação indica a quantidade de água, em milímetros, que foi aplicada a mais do que o necessário durante o período de irrigação e que o solo não teve capacidade de armazenar.

Para esse cálculo foi utilizada a plataforma da iCrop que adota um sistema de balanço hídrico através do cruzamento entre os dados de entrada coletados dos estudos de solo (CC, PMP, Z, f e CRA), do diagnóstico do desempenho do equipamento (lâmina, vazão, velocidade e percentímetro), dos pluviômetros e dos calendários de irrigação fornecidos pelas fazendas e o banco de dados da plataforma, que compreende dados das demandas características das culturas cadastradas de acordo com seu estágio de desenvolvimento, dados meteorológicos e toda fundamentação matemática dos cálculos.

A empresa conta com uma rede meteorológica de mais de 415 pontos de coleta de dados de diversas fontes, iCrop Weather (189

estações), estações oficiais (Instituto Nacional de Meteorologia e outros órgãos), e estações particulares de clientes ou parceiros. Os dados são sincronizados em tempo real e acessados online pela plataforma.

Com a inserção dos dados na plataforma, estima-se o consumo de água da planta (evapotranspiração da cultura) através dos dados meteorológicos e características da cultura, isto é, a saída de água, e calcula-se o balanço hídrico conforme as entradas de água (precipitação e irrigação) levando-se em consideração a capacidade de armazenamento de água do solo. Quando a soma da precipitação e da irrigação ultrapassam a capacidade de armazenamento do solo, ocorrem os excessos. A determinação do excesso de lâmina se faz pela Equação 8:

$$L_{exc} = P_e + I + H_i - CRA \quad (8)$$

onde:

L_{exc} : Lâmina em excesso de irrigação (mm);

P_e : Precipitação efetiva (mm);

I : Irrigação (mm);

H_i : Umidade disponível no solo (mm);

CRA : Capacidade real de água no solo (mm).

A seguir é apresentado o funcionamento e a interação com a plataforma da iCrop (Figura 9 e Figura 10).

Figura 9 – Registro da área, cultura e equipamento

Editar Registro

Fazenda: Grupo WDF - Fazenda Cidade Verde - Poxoréu/MT

Nome do solo: Solo 01A 55% de argila

Descrição: 55% de argila

VRI (mm/h): 15,00

Camadas

Utilize a caixa abaixo para incluir o conteúdo desta seção

Salvar

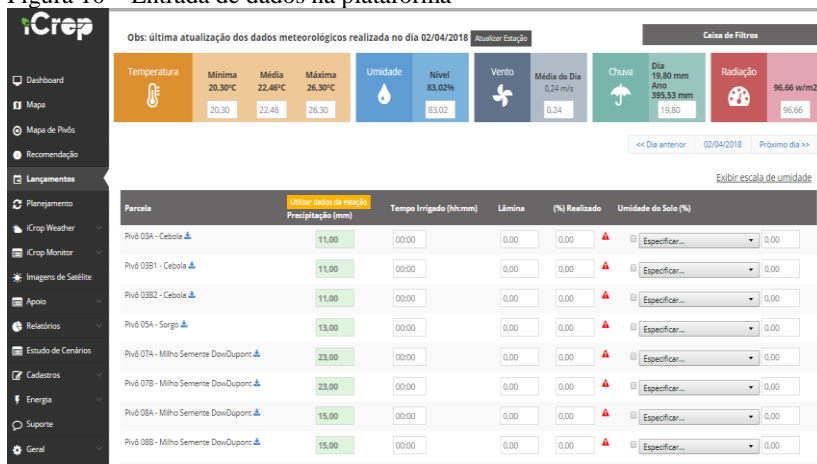
Solo	Nome da camada	Capacidade de Campo - CC (t)	Ponto de Murcha (t) - PMP	Espessura (cm)	Densidade aparente da (g/cm3)	Ação
Pivô 01A 55% de argila	Camada 01	24,72	14,84	20,00	1,26	[Editar] [Excluir] [Adicionar]
Pivô 01A 55% de argila	Camada 02	24,30	14,58	20,00	1,26	[Editar] [Excluir] [Adicionar]
Pivô 01A 55% de argila	Camada 03	25,50	15,30	20,00	1,26	[Editar] [Excluir] [Adicionar]

[Mostrar notas](#)

Página 1

Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 10 – Entrada de dados na plataforma



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

A partir do cálculo dos excessos pode-se encontrar o volume efetivo de água disponível às plantas para a produção do pivô, sendo ela a diferença entre a quantidade total de água disponibilizada (irrigação e precipitação) e a quantidade total de água em excesso (irrigação e precipitação). Assim é possível determinar o consumo unitário de água, que é a quantidade de água disponível para a produção de uma unidade, nesse caso uma arroba de algodão ou uma saca (sc) de feijão:

$$C_{uni} = \frac{V_e}{Produtividade.A} \quad (9)$$

onde:

C_{uni} : Consumo unitário (m³/arroba ou m³/sc)

V_e : Volume efetivo de água disponível para produção;

Produtividade: Produtividade média do pivô (arroba/ha ou sc/ha);

A: Área total do pivô (ha).

Considerando o mesmo local, com as mesmas condições climáticas e mesmas características de solo, supondo que a produtividade atingida fosse a mesma, pode-se estimar a área adicional que poderia ser utilizada e o quanto poderia se produzir a mais com o excesso de irrigação. Para isso, primeiro deve-se calcular qual a contribuição, em porcentagem, da precipitação e da irrigação para a produção da cultura:

$$Contribuição = \frac{V}{V_e} \cdot 100 \quad (10)$$

onde:

Contribuição: parcela de contribuição da precipitação/irrigação (%);

V: Volume efetivo de precipitação/irrigação (m³)

V_e: Volume efetivo total (m³);

Sabendo a contribuição do volume de chuva e de irrigação pode-se calcular a área de exploração e produção adicional:

$$P_{ad} = \frac{V_{iexc} + P_{ad}}{C_{uni}} \quad (11)$$

onde:

P_{ad}: Produção adicional com a irrigação em excesso (arroba ou sc);

V_{iexc}: Volume total de irrigação em excesso (m³);

V: Volume de precipitação (m³);

C_{uni}: Consumo unitário (m³/arroba ou m³/sc).

$$A_{ad} = \frac{P_p}{Produção} \quad (12)$$

onde:

A_{ad}: Área adicional a ser explorada com irrigação em excesso (ha);

P_p: Produção adicional com irrigação em excesso (arroba ou sc);

Produtividade: Produtividade média do pivô (arroba/ha ou sc/ha).

4.5.4 Custo do milímetro de água aplicado

O custo do milímetro irrigado tem o intuito de estipular a eficiência econômica da irrigação, mostrando os gastos que um manejo malconduzido pode ocasionar e expondo a economia potencial que pode ser alcançada ao se realizar uma irrigação consciente e eficiente.

Como no estado do Mato Grosso ainda não se efetua a cobrança pelo uso da água na irrigação, a estimativa do custo milímetro de água é feito com base no consumo de energia elétrica, na lâmina média de água aplicada e na área total irrigada (Equação 13). Foram solicitadas as faturas de energia de ambas as fazendas para esse cálculo. Os fatores que mais influenciam no custo são o uso dentro do horário de ponta (horário de maior custo), a irrigação em excesso, e o mal dimensionamento do equipamento.

$$C_{mm} = \frac{C_e}{L_m \cdot A} \quad (13)$$

onde:

Cmm: Custo do milímetro de água aplicado (R\$/mm/ha);

Ce: Custo de energia elétrica consumida pelo pivô (R\$);

Lm: Lâmina de água média aplicada por hectare (mm/ha);

A: Área total do pivô (ha).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PERFIL DO PRODUTOR IRRIGANTE

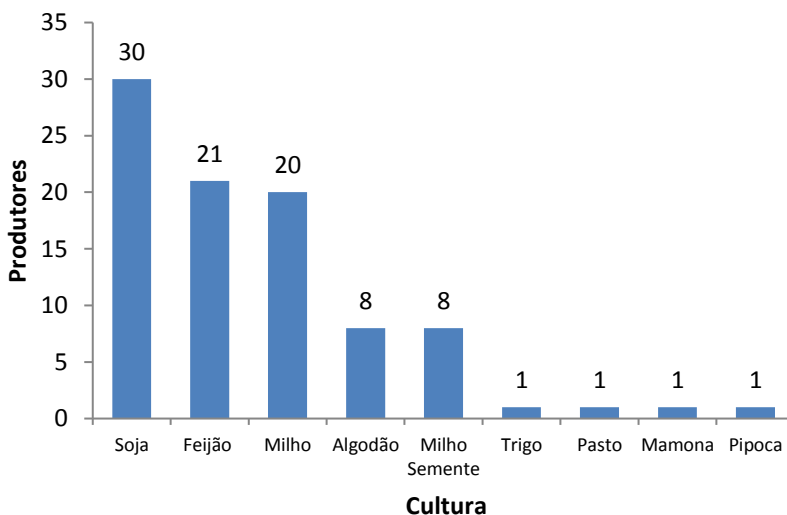
Dos 500 contatos fornecidos pelo Sindicato dos Produtores Rurais de Primavera do Leste, apenas 131 produtores foram entrevistados, isso se deu devido a muitos números estarem desatualizados, ao não atendimento das ligações e a refutação do produtor em responder o questionário.

Do total de produtores entrevistados, 31 possuem áreas irrigadas em suas fazendas e 4 dos que não possuem, tem a intenção de implantar projetos de irrigação.

Os produtores que possuem irrigação compreendem uma área total irrigada de 17.877 ha e 143 equipamentos de irrigação do sistema pivô central. Os resultados foram considerados significativos, pois abrangem cerca de 57% da área irrigada total estimada e 60% dos equipamentos.

Foi possível observar que as principais culturas plantadas no pivô são soja, algodão, milho e feijão, como mostra a Figura 11:

Figura 11 – Número de produtores irrigantes por cultura.



Fonte: O Autor.

Apenas 7 produtores irrigantes possuem apoio de empresas de gerenciamento de irrigação e só o tem pelo fato de produzirem (milho semente) para sementeiras que exigem esse tipo de serviço e já possuem contratos firmados com essas empresas, mas reconhecem os resultados positivos do trabalho realizado.

Os demais 24 irrigam por conta própria. Desses, em relação a tomada de decisão para o manejo de irrigação (Figura 12), a grande maioria adota a experiência de campo como critério, apenas 3 produtores utilizam o método do balanço hídrico e 1 o método do turno de rega, nenhum produtor faz uso de sensores.

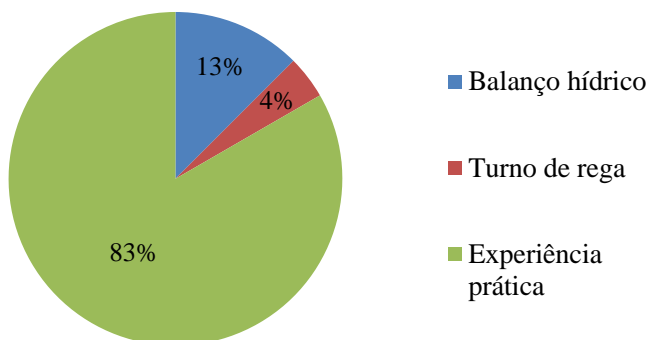
No que se refere ao controle do consumo de água, a maior parte dos irrigantes não tem controle dos dias em que o pivô foi ligado nem da lâmina aplicada. Porém, mais da metade faz o controle do total de água consumida, como mostra a Figura 13.

De acordo com a Figura 14, a responsabilidade pela irrigação nas fazendas prevalece aos engenheiros agrônomos e técnicos agrícolas, entretanto existem fazendas onde o responsável não possui um estudo formal na área, apenas experiência prática.

Em relação a produtividade (Figura 15), mais da metade afirma que as áreas irrigadas produzem mais quando comparadas às de sequeiro,

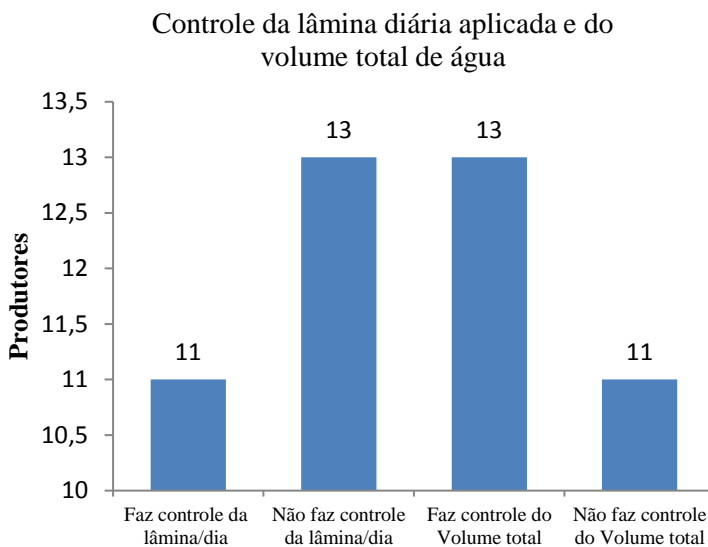
Figura 12 – Método de manejo de irrigação adotado pelos produtores irrigantes.

Método/critério de manejo de irrigação adotado



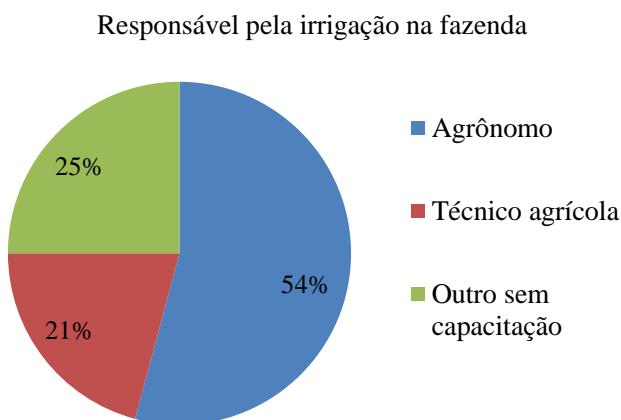
Fonte: O Autor.

Figura 13 – Controle do uso da água na irrigação.



Fonte: O Autor.

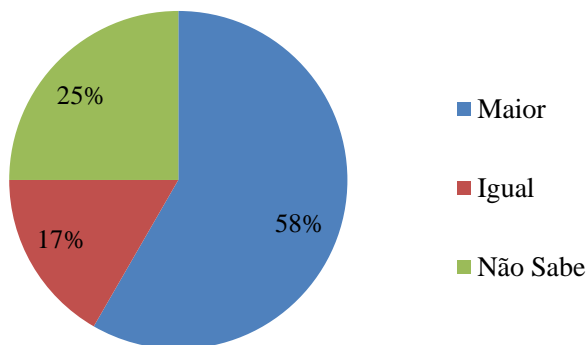
Figura 14 – Responsável pela irrigação.



Fonte: O Autor.

Figura 15 – Relação produtividade área irrigada/área sequeiro.

A produtividade na área irrigada em relação a área de sequeiro



Fonte: O Autor.

A última questão buscava saber a opinião dos irrigantes sobre a importância do trabalho que auxilia no manejo de irrigação. Diante desse questionamento, todos os entrevistados julgaram de grande importância a realização de um manejo adequado e do trabalho que auxilia na tomada de decisão.

Após a realização do questionário, é possível ter uma ideia mais clara do posicionamento e do perfil do produtor irrigante da região em relação ao manejo da irrigação e a preocupação no que se refere ao uso eficiente da água.

Nota-se que ainda não se dá a devida importância ao manejo do uso da água, não só quando se trata de quantidade, mas também como um fator de controle de produtividade. Por mais que 100% dos irrigantes reconheçam que a realização de um manejo apropriado é essencial, a maioria não coloca em prática nenhum método mais criterioso que possa resultar num consumo menor de água ou no aumento da produção e melhoria na qualidade do produto.

Acredita-se que isso ocorre porque apesar da irrigação não estar sendo praticada em sua condição de maior eficiência, ainda assim a produtividade obtida já traz resultados positivos para o produtor. Constatou-se a necessidade de maior conscientização, informação e interesse do produtor em relação ao consumo e uso da água, pois a tecnologia e o serviço de consultoria já estão disponíveis.

5.2 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MANEJO

5.2.1 Capacidade de armazenamento de água no solo

A partir das amostragens e análises de solo realizadas foi possível classificar e determinar as características do solo das áreas dos pivôs de acordo com a profundidade de coleta, assim pode-se estabelecer a quantidade de água que está disponível às plantas durante todos os estágios de desenvolvimento (Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4). Dessa maneira sabe-se o quanto irrigar sem que ocorram excessos ou escassez que possa causar danos ao crescimento saudável da planta.

Adota-se o valor de CRA de acordo com o desenvolvimento das raízes e a faixa de solo que atingem, valores destacados nos quadros a seguir:

Quadro 1 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela A do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.

Fazenda Cid. Verde Pivô - 1A				
tipo: franco argiloso		0-20cm	20-40cm	40-60cm
Características do solo	CC (%)	24,72	24,3	25,5
	PMP (%)	14,84	14,58	15,3
	Da (g/cm³)	1,26	1,26	1,26
Germinação/ Emergência	Z (cm)	20	20	20
	f	0,35	0,35	0,35
	CRA (mm)	8,71	8,57	9,00
Desenvolvimento vegetativo	Z (cm)	30	30	30
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	16,81	16,53	17,35
Floração	Z (cm)	35	35	35
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	19,61	19,29	20,24
Maturação	Z (cm)	35 >	35 >	35 >
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	19,61	19,29	20,24

Fonte: O Autor.

Quadro 2 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela B do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.

Fazenda Cid. Verde Pivô - 1B				
tipo: franco argiloso		0-20cm	20-40cm	40-60cm
Características do solo	CC (%)	24,25	23,63	25,69
	PMP (%)	14,55	14,18	15,4
	Da (g/cm³)	1,26	1,26	1,26
Germinação/ Emergência	Z (cm)	20	20	20
	f	0,35	0,35	0,35
	CRA (mm)	8,56	8,33	9,08
Desenvolvimento vegetativo	Z (cm)	30	30	30
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	16,50	16,07	17,50
Floração	Z (cm)	35	35	35
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	19,25	18,75	20,42
Maturação	Z (cm)	35 >	35 >	35 >
	f	0,45	0,45	0,45
	CRA (mm)	19,25	18,75	20,42

Fonte: O Autor.

Quadro 3 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB.

Fazenda JB Pivô - 2A			
tipo: franco argiloso		0-20cm	20-40cm
Características do solo	CC (%)	23,02	22,32
	PMP (%)	13,8	13,4
	Da (g/cm³)	1,32	1,32
Germinação	Z (cm)	12	12
	f	0,3	0,3
	CRA (mm)	4,38	4,24
Enraizamento	Z (cm)	15	15
	f	0,4	0,5
	CRA (mm)	7,30	8,83
Desenvolvimento vegetativo	Z (cm)	15	15
	f	0,37	0,37
	CRA (mm)	6,75	6,53
Floração/ Maturação	Z (cm)	17	17
	f	0,35	0,35
	CRA (mm)	7,24	7,01
Final	Z (cm)	17	17
	f	0,37	0,37
	CRA (mm)	7,66	7,41

Fonte: O Autor.

Quadro 4 – Parâmetros e capacidade de armazenamento de água do solo da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB.

Fazenda JB Pivô - 2B			
tipo: franco argiloso		0-20cm	20-40cm
Características do solo	CC (%)	22,3	21,45
	PMP (%)	13,38	12,92
	Da (g/cm³)	1,32	1,32
Germinação	Z (cm)	12	12
	f	0,35	0,35
	CRA (mm)	4,95	4,73
Enraizamento	Z (cm)	15	15
	f	0,45	0,45
	CRA (mm)	7,95	7,60
Desenvolvimento vegetativo	Z (cm)	15	15
	f	0,4	0,4
	CRA (mm)	7,06	6,76
Floração/ Maturação	Z (cm)	17	17
	f	0,35	0,35
	CRA (mm)	7,01	6,70
Final	Z (cm)	17	17
	f	0,4	0,4
	CRA (mm)	8,01	7,66

Fonte: O Autor.

Parâmetros como a profundidade de raiz, delimitação da faixa de segurança, coeficiente de cultura entre outros, da cultura do feijão na Fazenda JB foram alterados no cadastro original da cultura devido à má condução inicial na fase de enraizamento que favoreceu alto índice de doenças de solo prejudicando o desenvolvimento adequado das raízes. Neste caso são feitos ajustes destes parâmetros, representando a situação real do campo.

5.2.2 Diagnóstico de desempenho do equipamento

5.2.2.1 Velocidade e percentímetro

Os resultados das medições de tempo podem ser encontrados na Tabela 2. A partir da média das três medições se obtém a velocidade média de deslocamento do pivô com o percentímetro ajustado em 100%.

Com esse valor pode-se estimar o tempo que o equipamento leva para dar uma volta completa nos demais ajustes do percentímetro, facilitando as programações de irrigação para que o equipamento funcione prioritariamente no horário reservado de energia.

Tabela 2 – Velocidade de deslocamento do pivô

	Cid Verde	JB
Distância (m)	10	10
Medição Tempo 1 (s)	140,15	139,63
Medição Tempo 2 (s)	139,85	141,77
Medição Tempo 3 (s)	141,07	141,06
Tempo médio (s)	140,36	140,82
Velocidade (mh⁻¹)	256,48	255,64

Fonte: O Autor.

A medição do ajuste real do percentímetro indica se o equipamento está regulado de maneira adequada. Os erros indicam a diferença de tempo que o pivô deveria estar se movendo a mais ou a menos. Se o erro é negativo, o equipamento está ficando mais tempo parado do que sua configuração determina, ou seja, gasta mais tempo ligado e aplica uma lâmina maior do que a desejada. Já o erro positivo aponta o contrário, logo o equipamento está ficando parado por um tempo menor do que deveria, assim leva menos tempo para irrigar, porém a lâmina é menor que a pretendida.

Tabela 3 – Avaliação do percentímetro do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde

Cidade Verde					
Ajuste	Tempo andando (s)	Tempo parado (s)	total (s)	Ajuste medido	Erro
100%	60	0	60	100%	0,00%
90%	53,97	5,97	59,94	90%	0,00%

80%	47,94	11,94	59,88	80%	0,00%
70%	41,95	17,89	59,84	70%	0,00%
60%	35,95	23,84	59,79	60%	0,00%
50%	30,03	29,92	59,95	50%	0,00%
40%	24,10	36,00	60,10	40%	0,00%
30%	18,03	42,15	60,18	30%	0,00%
20%	11,96	48,30	60,26	20%	0,00%
10%	5,98	54,15	60,13	10%	0,00%
0%	0	60	60,00	0%	0,00%

Fonte: O Autor.

Observa-se que o percentímetro do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde está bem regulado, apresentando em todos os ajustes um erro de 0,00%. Isso indica que o pivô pode ser ajustado para funcionar em qualquer uma das configurações sem que ocorra desperdício de energia e irrigação acima ou abaixo do estipulado.

Tabela 4 - Avaliação do percentímetro do pivô 2 da Fazenda JB

JB

Ajuste	Tempo andando (s)	Tempo parado (s)	total (s)	Ajuste medido	Erro
100%	60	0	60	100%	0,00%
90%	53,14	6,25	59,39	89%	-1,00%
80%	46,27	12,50	58,77	79%	-1,00%
70%	40,24	18,94	59,17	68%	-2,00%
60%	34,20	25,37	59,57	57%	-3,00%
50%	28,30	31,47	59,76	47%	-3,00%
40%	22,39	37,56	59,95	37%	-3,00%
30%	15,96	43,68	59,63	27%	-3,00%
20%	9,52	49,79	59,31	16%	-4,00%
10%	4,76	54,90	59,66	8%	-2,00%
0%	0	60	60,00	0%	-0,00%

Fonte: O Autor.

O pivô da Fazenda JB apresentou, em todos os ajustes, um pequeno erro, menor que 5%, que, segundo os consultores da iCrop, mesmo não

representando grandes perdas e estando em uma faixa aceitável para uso, sinaliza que o equipamento está ficando um tempo maior do que deveria parado e, conseqüentemente, um tempo menor se deslocando, isso significa que o tempo para a realização de uma volta fica maior, aumentando o consumo de energia, e que a lâmina aplicada será um pouco maior do que a estimada.

5.2.2.2 Índice de carregamento do motor

O IC do motor vai indicar se o motor está dimensionado corretamente para o sistema de bombeamento nele acoplado e com qual eficiência a energia está sendo utilizada. Recomenda-se que o IC do motor esteja entre 75% e 100%, caso esteja abaixo dos 75% acaba gerando uma quantidade de energia reativa acima do recomendável. A energia reativa é a parte da energia que é consumida que não gera trabalho (CAMPANA et. al., 2000).

Para o cálculo do IC são necessárias medições de tensão e corrente do motor. Foram feitas três medições desses parâmetros para cada um dos motores e foi tirada a média, apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Medições de tensão e corrente do motor

Medição	Cid. Verde			JB	
	Corrente M1 (A)	Corrente M2 (A)	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)
1	187	192	401	88	380
2	185	192	401	89	381
3	180	181	402	90	380
Média	184	188,3	401,3	89	380,3

Fonte: O Autor.

Os valores IC foram de 94% para o M1 e 96% para o M2 do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde e de 87% para o motor do pivô 2 da Fazenda JB. Todos os três motores estão na faixa recomendada de operação, sem necessidade de troca de aparelho e sem geração demasiada de energia reativa, resultando em um bom funcionamento do sistema, sem desperdícios de energia elétrica.

5.2.2.3 Pressão do sistema, vazão e lâmina de operação e uniformidade de aplicação

Com a inserção dos dados dos mapas de bocais e medições de pressão na planilha da iCrop, é possível encontrar a vazão e a lâmina de operação atual do sistema e, também, a uniformidade de aplicação da lâmina de água.

Ao se efetuar as aferições de pressão, é preciso observar se a pressão encontrada no final da LL é suficiente para que o bocal instalado consiga descarregar a vazão determinada pelo fabricante, de acordo com os reguladores de pressão utilizados. Os equipamentos das duas fazendas possuem válvulas reguladores de 15 Psi (105 kPa), logo a pressão medida no final da LL, no ponto mais alto, onde a pressão é a mais do sistema é a mais baixa, deve ser maior ou igual a esse valor. Caso seja menor, é preciso verificar/realizar limpeza na sucção e na adutora, verificar condições do rotor e estado dos reguladores de pressão e, caso todos os itens estejam adequados, em último caso, é necessário o redimensionamento do equipamento, gerando novo mapa de bocais para que se diminua a vazão e a lâmina aplicada, e em consequência volte a pressurizar o sistema no final da LL. Por outro lado, se a pressão estiver acima e o índice de carregamento dos motores estiver abaixo dos 100%, é possível realizar o redimensionamento, gerando novo mapa de bocais, para aumentar a vazão e a lâmina aplicada. As situações são diversas no sentido de ajustar o sistema, logo o redimensionamento é efetivo, e quando necessário, é indispensável para a boa condução da irrigação.

É importante ressaltar que as trocas de bocais devem considerar a uniformidade de aplicação da lâmina, que é obtida pela verificação da sobreposição das lâminas lançadas pelos aspersores e pela área que atingem. Segundo a iCrop, o coeficiente de uniformidade deve estar acima dos 85% para ser considerado bom, podendo chegar até 95% após redimensionamento e ajuste.

Os valores medidos originais e ajustados são exibidos na Tabela 6:

Tabela 6 – Valores originais e ajustados de pressão, vazão, lâmina e uniformidade.

	Cid. Verde original	Cid. Verde ajuste	JB original	JB ajuste
Pressão bomba VA (kPa)	870	870	400	410
Pressão bomba VF (kPa)	1050	1050	500	500
Pressão centro pivô (kPa)	505	505	360	380

Pressão final LL (kPa)	122	122	60	110
Vazão teórica (m³/h)	642,9	642,9	336	296
Vazão real (m³/h)	642,9	642,9	308	296
Lâmina 21h teórica (mm)	8,1	8,1	11,6	10,4
Lâmina 21h real (mm)	8,1	8,1	10,8	10,4
Coef. Uniformidade (%)	92	92	80	94

Fonte: O Autor.

No pivô 1 da Fazenda Cidade Verde não foi necessário nenhum ajuste. Verifica-se que a pressão no final da LL está um pouco acima do requerido, tornando dispensável a troca de bocais. O Coeficiente de uniformidade chegou aos 92%, valor considerado ótimo para a operação do pivô.

No pivô 2 da Fazenda JB a pressão no final da LL estava originalmente abaixo do valor necessário estabelecido pelo fabricante, isso prejudica a vazão liberada pelos bocais e a lâmina aplicada no solo que deveriam ser, respectivamente, de 336 m³h⁻¹ e 11,6 mm em 21 h, porém era apenas de 308 m³h⁻¹ e 10,8 mm em 21 h. Frente a isso, quando a empresa assumiu o manejo, o equipamento foi redimensionado e os bocais foram realocados, de maneira a diminuir a vazão e garantir pressão suficiente no final da LL.

O redimensionamento também foi responsável pelo aumento da uniformidade. A uniformidade é um parâmetro que afeta diretamente a lâmina de irrigação, quanto maior a uniformidade, menor a lâmina necessária para se atingir a mesma produtividade e menor o consumo de energia, implicando numa redução diretamente proporcional de custos (MANTOVANI, BERNARDO E PALARETTI, 2006).

A lâmina média total aplicada após o redimensionamento do pivô foi de 285 mm, o ganho de 14% em uniformidade reflete na redução de 14% da lâmina aplicada, logo, aproximadamente 40mm deixaram de ser aplicados em uma área de 60,88 ha, a economia de água foi de cerca de 24.000 m³. A economia financeira alcançada pela Fazenda JB, considerando o custo do milímetro aplicado R\$ 1,61 por hectare, foi de aproximadamente R\$ 3.900,00. Os valores da lâmina total aplicada após

redimensionamento e do custo do milímetro aplicado, serão detalhados nos itens 5.2.3 e 5.2.4.

Os gráficos que representam a uniformidade de aplicação de lâmina do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde e do pivô 2, antes e depois do redimensionamento, da Fazenda JB estão disponíveis no APÊNDICE C .

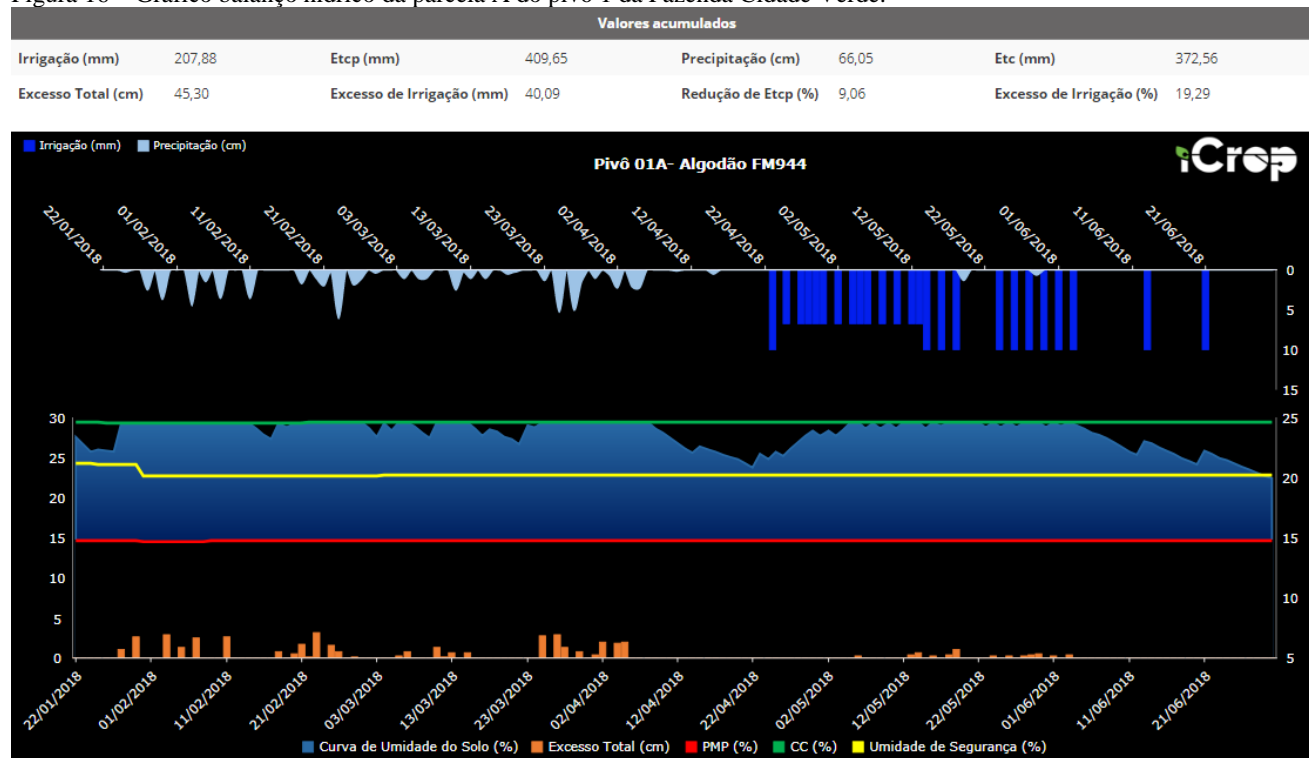
5.2.3 Excesso da lâmina de irrigação

A simulação realizada pela plataforma da iCrop traz como resultado o gráfico do balanço hídrico diário da safra, apresentando os valores de precipitação, irrigação, excessos e a curva de umidade do solo.

Os resultados para as parcelas A e B da Fazenda Cidade Verde são exibidos na Figura 16, na Figura 17 e na Tabela 7. Os resultados da Fazenda JB foram divididos em dois momentos, o primeiro, representando o período em que a fazenda fez o manejo de irrigação de maneira própria (Figura 18, Figura 19 e Tabela 9) e, o segundo, representando o manejo realizado pela empresa iCrop (Figura 20, Figura 21 e Tabela 9), além dos resultado da simulação da área hipotética (Figura 22, Figura 23 e Tabela 11).

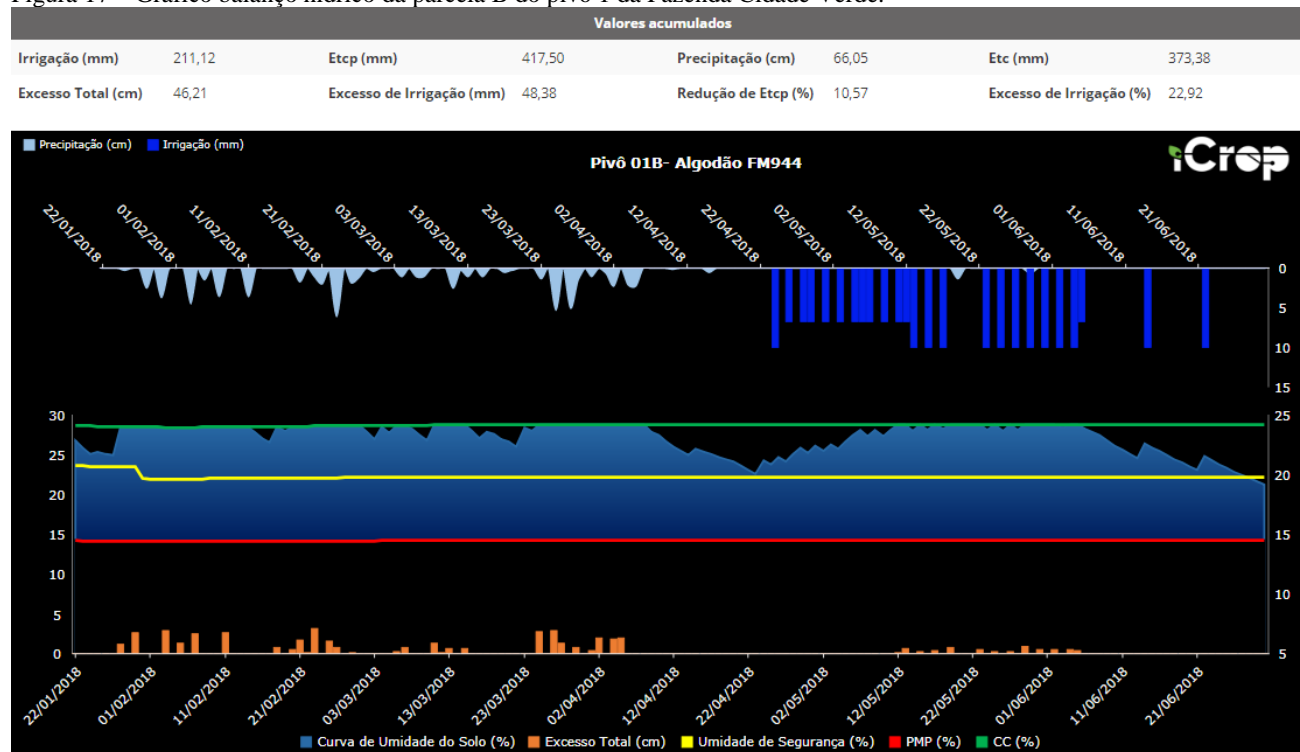
Vale lembrar que as diferenças dos valores entre a parcela A e a parcela B do pivô são decorrentes do uso prioritário do pivô no horário reservado de energia, irrigando uma parcela por noite. Assim a umidade do solo varia de uma parcela para a outra, demandando quantidades diferentes de água.

Figura 16 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 17 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Tabela 7 – Síntese dos dados dos gráficos do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.

Fazenda Cidade Verde

	Pivô - 1A	Pivô - 1B	Média/Total
Irrigação (mm)	207,88	211,12	209,5
Precipitação (mm)	660,5	660,5	660,5
Excesso total (mm)	453	462,1	457,55
Excesso de irrigação (mm)	40,09	48,38	44,24

Fonte: O Autor.

Observa-se que a partir da metade do mês de abril as chuvas encerram e a irrigação passa a ser principal fonte de água das plantas. Durante o período de irrigação, do final do mês abril ao final do mês de junho, a curva de umidade do solo esteve sempre próxima da linha da capacidade de campo, ou seja, a caixa de armazenamento do solo esteve sempre cheia, ocasionando, na parcela A, um excesso de irrigação de 40,09 mm, 19,29% do total irrigado e, na parcela B, um excesso de irrigação de 48,38 mm, aproximadamente 22,92% do total irrigado. A lâmina total média aplicada foi de 209,5 mm e a média de irrigação em excesso do pivô 1 foi de 21,1%, isto é, 44,24 mm.

Ao analisar as planilhas eletrônicas utilizadas pela fazenda para o balanço hídrico foi possível encontrar as causas para os excessos de água aplicados. Detectou-se que o valor estabelecido para a capacidade de armazenamento de água no solo estava acima do determinado pelo estudo realizado, isso significa que parte da água que os irrigantes acreditavam estar disponíveis às plantas, na verdade não estava. Também se constatou que estavam adotando a faixa de segurança como o ponto de murcha permanente, uma abordagem cautelosa que garante que as plantas não sofram estresse hídrico, porém é responsável pelo uso excessivo de água.

Através dos dados de precipitação, irrigação e excessos médios dos gráficos do balanço hídrico e dos dados e produção fornecidos pela fazenda é possível estimar a área de cultivo e a produção adicional que poderiam ser atingidas a partir do uso dos excessos de irrigação.

Tabela 8 – Produção potencial do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde

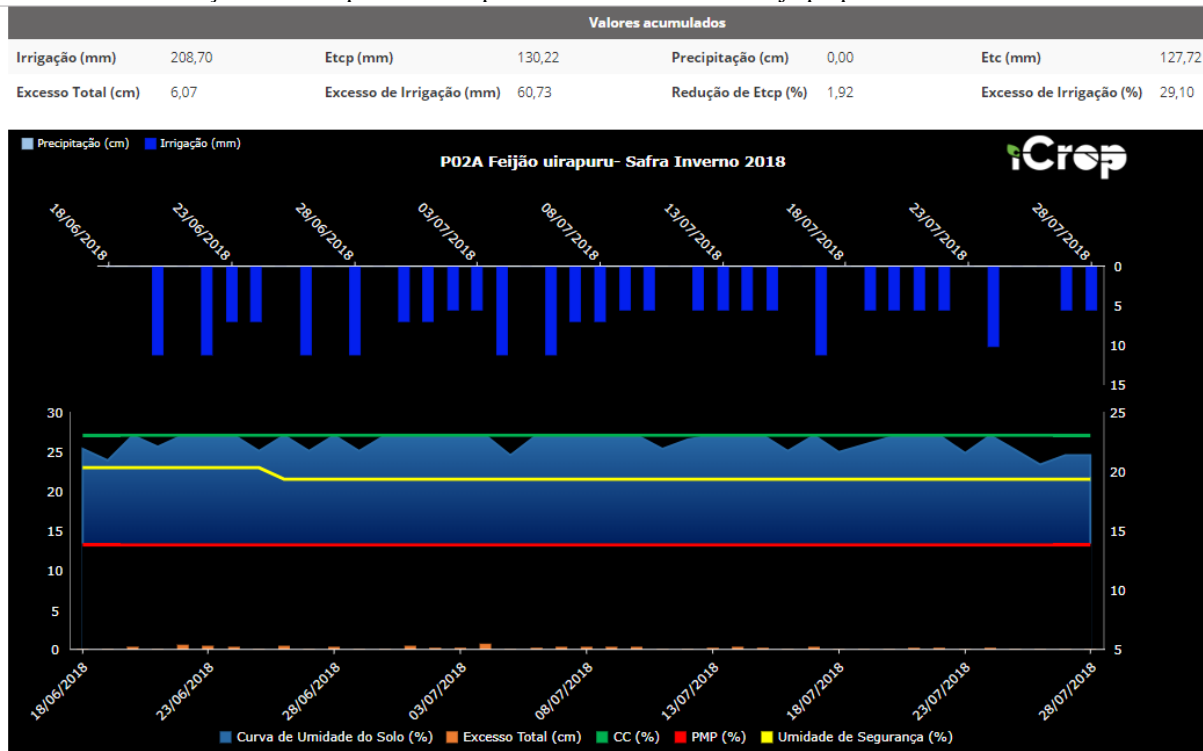
Produção potencial dos excessos de irrigação

Volume total de precipitação (m³)	1.095.505,3
Volume total de irrigação (m³)	347.476,7
Volume de excesso total (m³)	758.892,4
- Excesso irrigação (m³)	73.368,2
- Excesso precipitação (m³)	685.524,3
Volume efetivo de água disponível para produção(m³)	684.089,6
- Volume efetivo de irrigação (m³)	274.108,5
- Volume efetivo de precipitação (m³)	409.981,0
Parcela de contribuição irrigação (%)	40,1
Parcela de contribuição precipitação (%)	59,9
Volume total de excesso para produção adicional (m³)	183.104,1
- Parcela irrigação (m³)	73.368,2
- Parcela precipitação (m³)	109.735,9
Produtividade do pivô (arroba há ⁻¹)	430,0
Área total do pivô (ha)	165,86
Produção total do pivô (arroba)	71.319,8
Consumo unitário (m³ arroba ⁻¹)	9,6
Produção adicional com a água em excesso (arroba)	19.089,5
Área de exploração adicional(ha)	44,4

Fonte: O Autor.

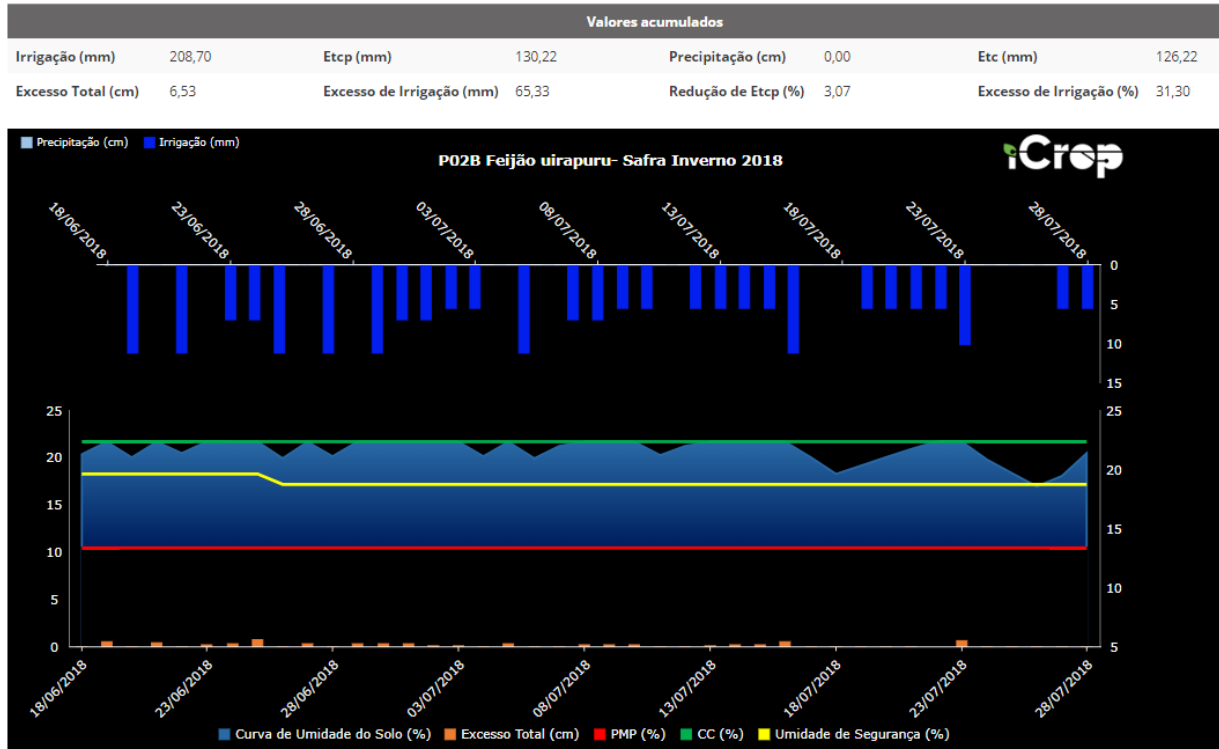
Com os excessos de irrigação aplicados no pivô 1 da Fazenda Cidade Verde, seria possível explorar a mais uma área de 44,4 ha e produzir aproximadamente 19.000 arrobas de algodão a mais, ou seja, atingir uma produção absoluta 27% maior que a obtida.

Figura 18 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB – manejo próprio.



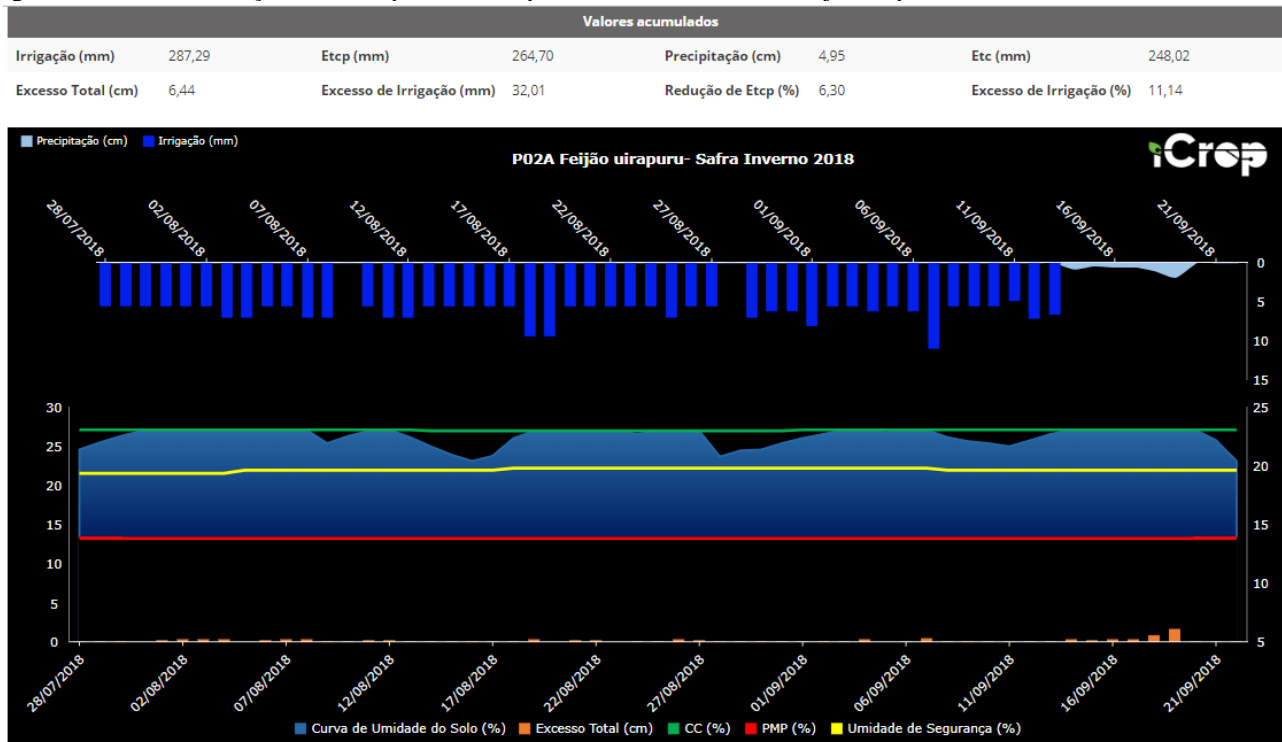
Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 19 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB – manejo próprio.



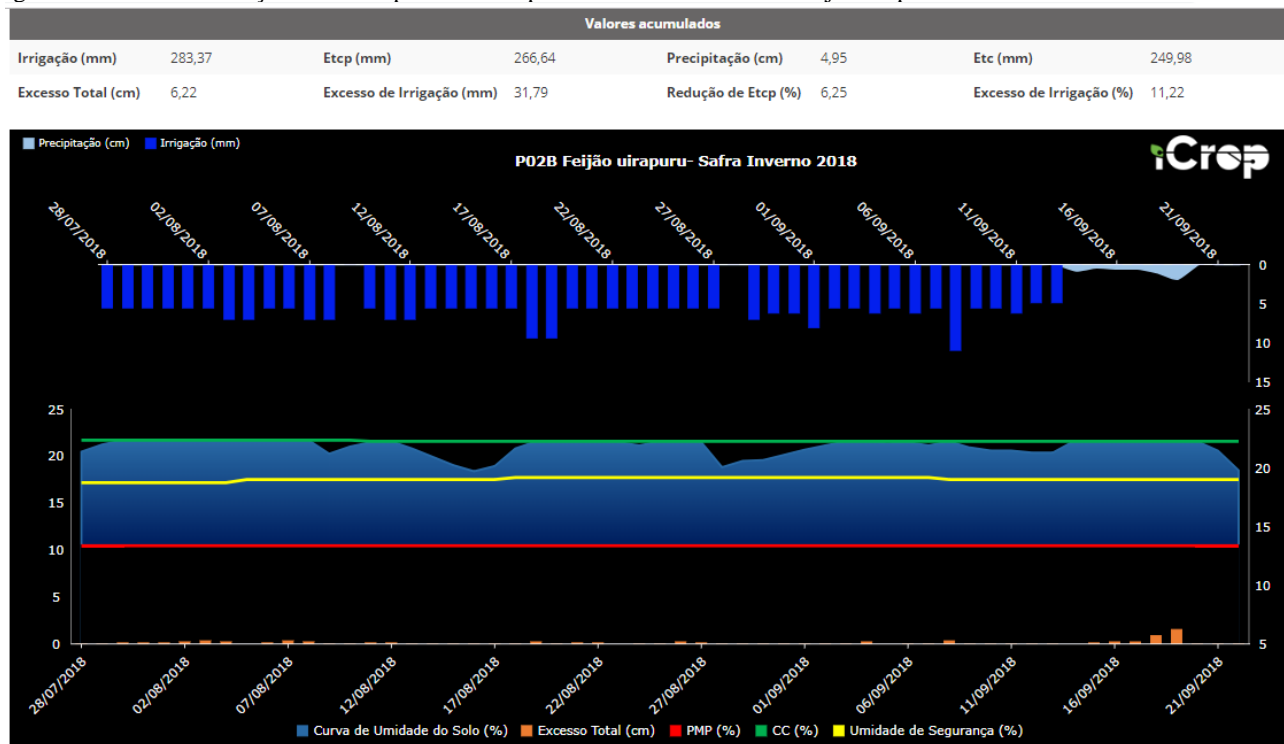
Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 20 – Gráfico balanço hídrico da parcela A do pivô 2 da Fazenda JB – manejo iCrop.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 21 – Gráfico balanço hídrico da parcela B do pivô 2 da Fazenda JB – manejo iCrop.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Tabela 9 – Síntese dos dados dos gráficos do pivô 2 da Fazenda JB.

Fazenda JB					
	Pivô - 2A JB	Pivô - 2B JB	Pivô – 2A iCrop	Pivô – 2B iCrop	Média/ Total
Irrigação (mm)	208,7	208,7	287,29	283,37	494,03
Precipitação (mm)	0,00	0,00	49,50	49,50	49,50
Excesso total (mm)	60,73	65,33	64,40	62,20	126,33
Excesso de irrigação (mm)	60,73	65,33	32,01	31,79	94,93

Fonte: O Autor.

Nota-se que durante a época do cultivo do feijão já não chove mais na região e o desenvolvimento da planta depende quase exclusivamente da água proveniente da irrigação.

No primeiro período, em que a fazenda executou manejo de irrigação próprio, percebe-se que apenas em pequenos intervalos a curva de umidade do solo ficou abaixo da linha da capacidade de campo, deixando o feijão exposto a grandes excessos de umidade. Só nessa primeira fase o excesso da lâmina de irrigação aplicada na parcela A e na parcela B atingiu, respectivamente, 60,73 mm e 65,33 mm, levando os excessos a 30,2%.

Isso ocorre pela falta de conhecimento da capacidade de armazenamento de água do solo e, principalmente, das necessidades hídricas específicas da cultura. Como mencionado nos itens 3.6 e 3.9, hortaliças como o feijão, ainda que demandem grandes quantidades de água, são altamente sensíveis, logo o excesso de água aplicado no estágio inicial de desenvolvimento da planta ocasionou o não crescimento da raiz, fazendo com que a mesma só conseguisse absorver água nas camadas mais superficiais do solo, além disso ainda foi responsável pelo apodrecimento de algumas raízes e favoreceu o desenvolvimento de patógenos que causaram doenças.

O manejo inicial realizado de maneira inadequada pela Fazenda JB dificultou e prejudicou o desempenho do manejo implementado pela empresa iCrop. Pelo fato de as raízes estarem pequenas e consumirem apenas a água disponível na parte mais superficial do solo, a curva de umidade teve que ser mantida sempre próximo ao nível da capacidade de campo, exigindo a aplicação de lâminas regulares e, por vezes ocasionando excessos impossíveis de não serem aplicados.

Nessa segunda etapa do manejo, o excesso de irrigação para as parcelas A e B foi de, respectivamente, 32,01 mm e 31,79 mm, isto é, 11,2% de excesso. A otimização do sistema de irrigação, o conhecimento da capacidade de armazenamento do solo e das demandas hídricas da cultura, junto ao acompanhamento diário pelo sistema e pelas visitas dos consultores resultou na diminuição dos excessos de aplicação de água.

No pivô 2 da Fazenda JB a lâmina total média aplicada foi de 494,03 mm, 209 mm no primeiro período e 285mm no segundo, o excesso total médio de irrigação foi de 95 mm, representando 19,2%.

Com os dados de precipitação, irrigação e excessos médios dos gráficos do balanço hídrico e dos dados de produção fornecidos pela fazenda pode-se calcular a área de cultivo e a produção adicional que poderiam ser obtidos pelos excessos de irrigação.

Tabela 10 – Produção potencial do pivô 2 da Fazenda JB

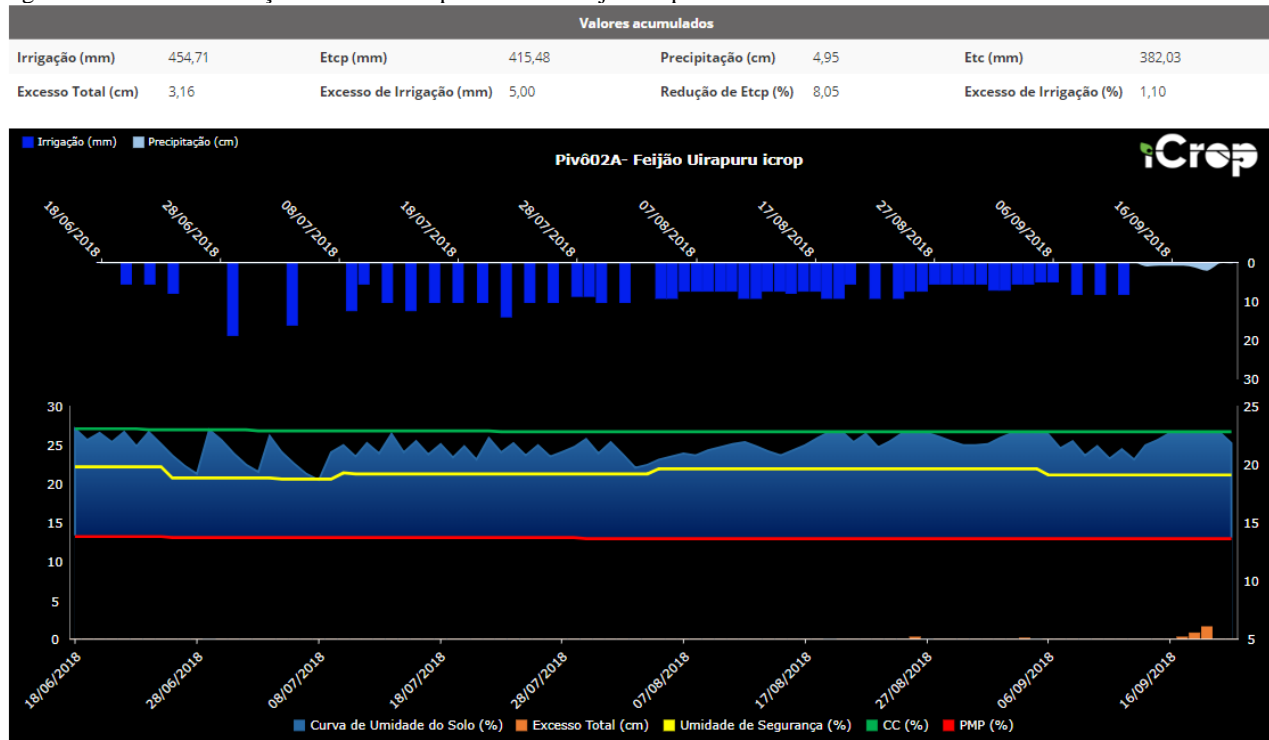
Produção potencial dos excessos de irrigação

Volume total de precipitação (m ³)	30.135,6
Volume total de irrigação (m ³)	300.765,5
Volume de excesso total (m ³)	76.909,7
- Excesso irrigação (m ³)	57.793,4
- Excesso precipitação (m ³)	19.116,3
Volume efetivo de água disponível para produção(m ³)	253.991,4
- Volume efetivo de irrigação (m ³)	242.972,1
- Volume efetivo de precipitação (m ³)	11.019,3
Parcela de contribuição irrigação (%)	95,7
Parcela de contribuição precipitação (%)	4,3
Volume total de excesso para produção adicional (m ³)	60.414,4
- Parcela irrigação (m ³)	57.793,4
- Parcela precipitação (m ³)	2.621,1
Produtividade do pivô (sc ha ⁻¹)	30,0
Área total do pivô (ha)	60,88
Produção total do pivô (sc)	1.826,4
Consumo unitário (m ³ sc ⁻¹)	139,1
Produção adicional com a água em excesso (sc)	434,4
Área de exploração adicional (ha)	14,5

Fonte: O Autor.

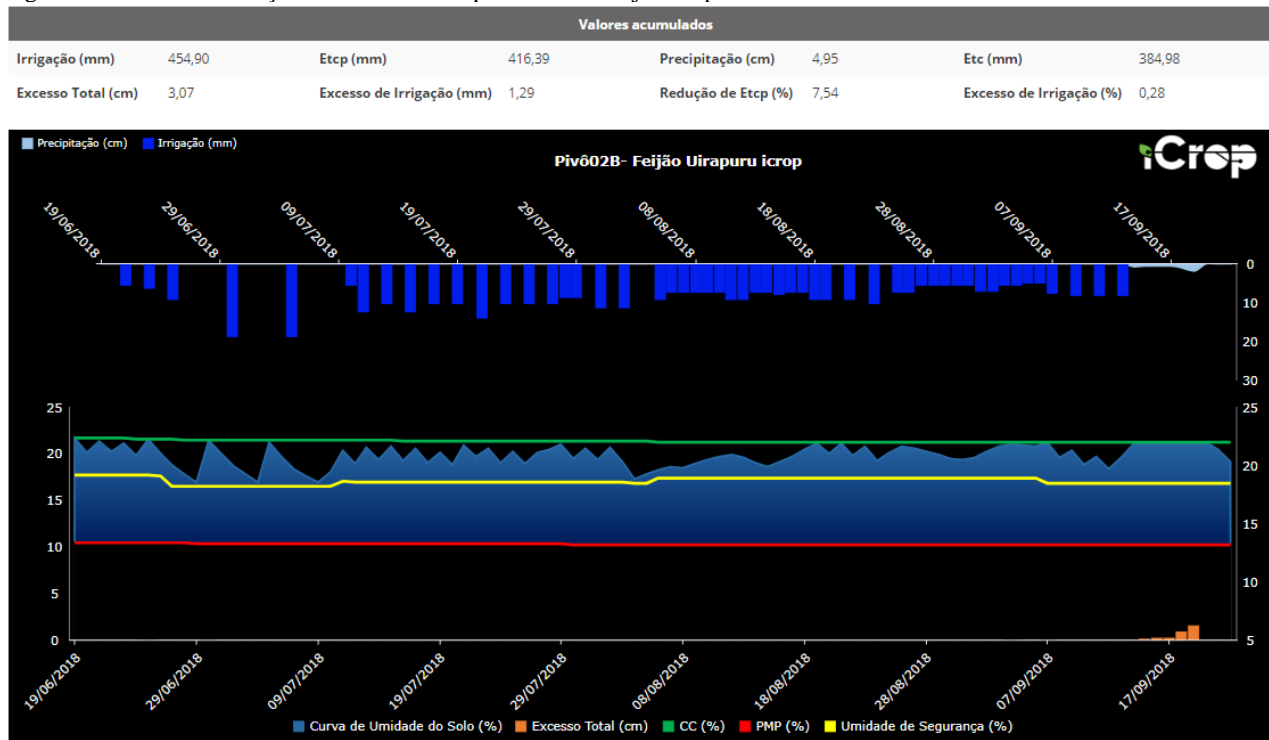
Com os excessos de irrigação aplicados no pivô 2 da Fazenda JB, seria possível explorar a mais uma área de 14,5 ha e produzir aproximadamente 434 sacas de feijão, ou seja, atingir uma produção absoluta 24% maior que a obtida.

Figura 22 – Gráfico balanço hídrico área hipotética – manejo iCrop.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

Figura 23 – Gráfico balanço hídrico da área hipotética – manejo iCrop.



Fonte: Plataforma iCrop (2018).

A simulação realizada considerou as mesmas características, aspectos e condições do pivô 2 da Fazenda JB. O objetivo dessa simulação foi representar uma situação onde o manejo especializado da empresa fosse aplicado durante a safra toda, do plantio à colheita.

No pivô 1 da mesma Fazenda JB, com área de 6ha, onde as condições de solo, condições iniciais de condução do manejo e consequente condução pela empresa, na mesma época, resultou numa produtividade de 48sc/ha, produtividade essa que poderia ter sido alcançada ou minimamente aproximada para o pivô em estudo.

Tabela 11 – Síntese dos dados dos gráficos da área hipotética para a Fazenda JB.

Área hipotética - JB

	Parcela A	Parcela B	Média/Total
Irrigação (mm)	454,71	454,90	454,81
Precipitação (mm)	49,50	49,50	49,50
Excesso total (mm)	31,60	30,70	31,15
Excesso de irrigação (mm)	5,00	1,29	3,15

Fonte: O Autor.

Constata-se que, neste caso, a curva de umidade do solo se manteve entre a faixa de segurança e o nível da capacidade de campo, gerando uma quantidade de excessos pequena, apenas 5,00mm para a parcela A, e 1,29 mm para a parcela B. O total de irrigação aplicado, em média, foi de 454,81 mm e o total médio de excessos foi 3,15mm, representando menos de 1%.

O manejo de irrigação nessa situação foi responsável não só pelo uso racional e eficiente da água, mas também pelo controle de doenças e de desenvolvimento sadio da planta.

5.2.4 Custo do milímetro de água aplicado

Com a coleta e inserção na plataforma das faturas de energia das fazendas ao longo da safra e dos dados de irrigação e precipitação são gerados relatórios de consumo de água e energia. A síntese dos relatórios de consumo do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde e do pivô 2 da Fazenda JB estão expostos no APÊNDICE D

Na Fazenda Cidade Verde a irrigação no pivô 1 foi responsável por um gasto total de R\$ 36.204,92, com uma lâmina média total aplicada de 209,5 mm e a área total do pivô de 165,86 ha, o custo do milímetro de

água por hectare aplicado foi de R\$ 1,04. Assim, o custo da irrigação em excesso totalizou R\$ 7.631,15.

Na Fazenda JB o custo total da irrigação foi de R\$ 48.584,79. Sendo a lâmina total média aplicada de 494 mm e a área total do pivô de 60,88 ha, o custo do milímetro de água por hectare aplicado foi R\$ 1,61. O custo total da lâmina média aplicada em excesso fechou em R\$9.304,73.

6 CONCLUSÃO

O estudo apresentado neste trabalho de conclusão de curso teve como meta principal avaliar o perfil dos produtores irrigantes e o consumo de água conforme diferentes métodos de manejo de irrigação em fazendas que fazem uso de pivôs-centrais na região de Primavera do Leste - MT. As principais conclusões estão apresentadas conforme os objetivos específicos (2.2) citados no início do trabalho:

- Descrever o perfil do produtor irrigante local:

O perfil do produtor irrigante da região foi identificado através da aplicação do questionário e condiz com o descrito pela literatura: o produtor irrigante tem acesso à tecnologia e aos serviços especializados disponíveis, tem consciência das diversas formas de manejo racional existentes e acredita na importância da execução de um manejo de irrigação adequado. Porém a maioria não está sensibilizada a avaliar a relação benefício/custo e, por vezes, demonstra insuficiente preocupação para a utilização de métodos mais eficientes de manejo que possam otimizar o consumo de água e energia.

- Selecionar duas fazendas com métodos de manejo diferentes e identificar o manejo de irrigação realizado e os critérios de tomada de decisão para irrigação:

A seleção de fazendas com manejo de irrigação diferentes viabilizou a visualização da diferença entre eles constatando e confirmando a influência que o método adotado exerce sobre o consumo de água. O contato com as fazendas e com os responsáveis pela irrigação permitiu o conhecimento e a caracterização do manejo executado e dos critérios adotados

- Avaliar o consumo da água conforme o manejo adotado e os excessos de água aplicados, através de estudos de solo, avaliações de desempenho e simulação da plataforma da empresa iCrop:

A avaliação do desempenho do equipamento indica manutenções necessárias e a otimização reflete no aumento da produtividade e na economia de recursos, tanto naturais como financeiros. A fazenda Cidade

Verde, com conhecimentos em manejo da irrigação e uma equipe com maior preocupação em relação ao desempenho deste manejo, estava com o equipamento em condições adequadas de operação. A Fazenda JB, por outro lado, não estava com foco em gestão de irrigação, logo seus parâmetros eram menos técnicos e seu equipamento apresentou necessidade de ajustes. Nesta, quando a empresa especializada assume o manejo, é realizada toda a avaliação do equipamento, que após redimensionamento mostrou maior eficiência e economia na lâmina de água aplicada, e consequentemente, nos custos.

Os estudos de solo proporcionaram informações importantes junto com as demais avaliações, sendo essenciais para o cálculo dos excessos de lâmina aplicada e para a tomada de decisão de irrigação, e que também evidenciou uma das principais causas do uso demasiado de água.

Em relação à avaliação do consumo de água, o manejo especializado realizado pela empresa iCrop na fazenda JB, ainda que realizado em apenas parte do tempo de condução da cultura, apresentou os menores valores de excesso de irrigação, devido a obtenção de todas as informações determinantes, com parâmetros adequados e método efetivo para a tomada de decisão de irrigação e pelo acompanhamento a campo de consultores devidamente capacitados. Foi seguido pelo manejo da Fazenda Cidade Verde que utilizava planilhas eletrônicas, e que apesar de utilizar um método criterioso, ainda apresentou excessos consideráveis, pela tomada de decisão cautelosa. E, por fim, a fazenda JB, no período que adotava um método pouco fundamentado, desconhecendo as características do solo, das necessidades, das plantas e equipamento com baixo desempenho de funcionamento, apresentou maior potencial de economia, alcançando os maiores níveis de excessos.

Os principais fatores que influenciam na aplicação de excessos também foram compatíveis com os apontados pela literatura sendo eles: o desconhecimento da capacidade de armazenamento de água no solo e da disponibilidade de água para as plantas, da demanda hídrica das culturas e da tomada de decisão cautelosa, ou seja, optando por irrigar em níveis que é maior a probabilidade de excessos, do que em pouca quantidade, com a expectativa de produtividade garantida.

No caso da simulação da condução pela plataforma iCrop para todo o período da lavoura de feijão no mesmo pivô 2 da fazenda JB, seguindo criteriosamente as recomendações e considerando o desenvolvimento vegetativo normal, não haveriam excessos. Em relação ao consumo total de água, este seria aproximadamente 10% inferior, além de efetivamente utilizado pelas plantas. Isso resultaria em uma produtividade potencial até 60% maior, tomando como referência o resultado de produtividade do

pivô 1 da mesma fazenda, e que expressa também média semelhante às alcançadas no histórico de produtividade das áreas monitoradas pela empresa em outras regiões para a mesma variedade.

Por fim conclui-se que, apesar dos produtores não utilizarem neste momento, há espaço para a adoção de um método de manejo; que há diferença substancial no consumo em excesso de água para diferentes níveis de conhecimento aplicado; e que a utilização de um trabalho técnico eficiente potencializa a exploração da irrigação, melhorando a produtividade, otimizando o gerenciamento na propriedade, o consumo de energia e principalmente o consumo de água, gerando benefícios para o meio ambiente e para a oferta de alimentos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017a. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>> Acesso em: 08 mai. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Serviços. Cobrança e Arrecadação. 2017b. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>> Acesso em: 31 jul. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Relatório pleno 2017. Brasília: ANA, 2017c. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura_completo.27432e70.pdf> Acesso em: 20 mai. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Cobrança pelo uso de recursos hídricos. Caderno de Recursos Hídricos. Volume 7. Brasília: ANA, 2014. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2014/CadernosdeCapacitacaoemRecursosHidricosVol7.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentoTecnicoeAdministrativosdeOUTORGAdeDireitodeUsodeRecursosHidricosdaANA.pdf>> Acesso em: 20 jun. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA) & EMBRAPA. Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil – 2014: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/ProjetoPivos.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2018.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo. Circular técnica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25532/1/Circ-136.pdf>> Acesso em: 20 set. 2018.

ALISKI, A. Em cinco anos, área irrigada no Brasil pode crescer 65% diz FAO. Revista Globo Rural, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Sustentabilidade/noticia/2018/03/em-cinco-anos-area-irrigada-no-brasil-pode-crescer-65-diz-fao.html>> Acesso em: 30 abr. 2018.

ALVES, E. C. R. F. et al. Gestão dos recursos hídricos no Estado de Mato Grosso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 14, n. 3, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Nara_Andrade/publication/305306105_Gestao_dos_Recursos_Hidricos_no_Estado_de_Mato_Grosso/links/57cf43a208aed67897011a27.pdf> Acesso em: 20 jun. 2018.

ANDRADE, C. Seleção do sistema de irrigação. Circular técnica. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20011485302>> Acesso em: 28 jun. 2018.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Manejo de água em agricultura irrigada. Circular técnica. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1992. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/49446/1/CIT10.pdf> Acesso em: 08 mai. 2018.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e litoral piauiense. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/59441/1/TeseAderson.pdf>> Acesso em: 12 set. 2018.

ASSAD, E. D. Eficiência do uso da água no Brasil: análise do impacto da irrigação na agricultura brasileira e potencial de produção de alimentos face ao aquecimento global (relatório completo). São Paulo: GV AGRO. 2016. Disponível em:

<<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17675/EFici%C3%A4ncia do Uso da %C3%81gua no Brasil Relat%C3%B3rio Completo.pdf>> Acesso em: 10 out. 2018.

AZEVEDO, J. A. de.; SILVA, E. M. da. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: DF Embrapa Cerrados, 1999. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76016/1/cirtec-01.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2018.

BEZERRA, J. R. C. et al. Cultivo do algodão irrigado. Sistemas de produção. 3ª Edição. Embrapa Algodão, 2014. Disponível em:

<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf61galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7717&p_r_p_-996514994_topicoId=7976> Acesso em: 22 set. 2018.

BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. Dourados: UFGD, 2009. Disponível em:

<<http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/EDITORA/catalogo/sistemas-de-irrigacao-por-aspersao.pdf>> Acesso em: 30 jun. 2018.

CAMARGO, D. C. Manejo da Irrigação: como, quando e quanto irrigar?. Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016. Disponível em:

<https://capacitacao.ead.unesp.br/conhecerh/bitstream/ana/250/1/Aprenta%C3%A7%C3%A3o_ANA_MANEJO_IRRIGA%C3%87%C3%82O_2015_VDEB.pdf> Acesso em: 10 out. 2018

CAMPANA, S. et al. Estudo comparativo de métodos para estimativa do carregamento e rendimento de motores elétricos para auditoria energética. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, p. 241-246. Campina Grande, 2000. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Delly_Oliveira_Filho/publication/262721730_Comparative_study_for_estimation_of_load_and_performance_of_electric_motors_for_energy_audit/links/53d16cce0cf228d363e5e198.pdf> Acesso em: 15 out. 2018

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 6ªed. Rio de Janeiro: LTC, 1981.

CAROLO, F. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável?: estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em:

<http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/2949/1/2007_FabianaCarolo.pdf> Acesso em: 20 jun. 2018.

CASTRO, N. Apostila de irrigação. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003. Disponível em:

<http://files.cetpicece.webnode.com.br/200000033-56326568cc_/Apostila%20Irriga%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em: 15 jul. 2018

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. de. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. Salvador: Bahia Agrícola, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005. Disponível em:

<http://ufbr.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2005_3.pdf>

Acesso em: 20 set. 2018.

CONTINI, E.; MARTHA JUNIOR, G. B. Brazilian agriculture, its productivity and change. Bertebos Conference on “Food security and the futures of farms: 2020 and toward 2050”. Falkenberg: Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 2010. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Geraldo_Martha/publication/265121524_Brazilian_agriculture_its_productivity_and_change/links/547598490cf2778985aee42a/Brazilian-agriculture-its-productivity-and-change.pdf?origin=publication_detail> Acesso em: 08 mai. 2018.

COSTA, M. H. Modelo de otimização dos recursos hídricos para irrigação, conforme a época de plantio. 1991. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991. Disponível em:

<<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11489/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 20 jun. 2018.

DUBOIS, O. R. et al. The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk. Earthscan, 2011. Disponível em:

<<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123051697.>>

Acesso em: 30 abr.2018

FAGANELLO, C. R. F. Fundamentação da cobrança pelo uso da água na agricultura irrigada, na microbacia do Ribeirão dos Marins. 2007. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-18072007-101710/en.php>> Acesso em: 15 jul. 2018.

FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. da S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 187-190, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/8127>> Acesso em: 08 mai. 2018.

FIGUERÊDO, S. F. et al. Gerenciamento da irrigação do feijoeiro baseado em critérios técnicos e econômicos no cerrado. Irriga, Botucatu, v. 13, n. 3, p. 378-391, 2008. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3378>> Acesso em: 20 set. 2018.

FURUKAWA, M.C. et al. Avaliação da irrigação por pivô central na região de Rio Verde - GO. Ceres. Viçosa, v.41, n.233, p.36-49, 1994. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/2055/102>> Acesso em: 25 set. 2018.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ (FEALQ). Estudo análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil. Projeto de cooperação técnica IICA/BRA/08/002, Piracicaba, 2014. Disponível em: <<http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/FEALQ-An%C3%A1lise-Territorial-Agricultura-Irrigada.pdf>> Acesso em: 30 abr. 2018.

GUERRA, A. F. et al. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cultura do algodoeiro na região do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24833/1/bolpd_66.pdf> Acesso em: 20 set. 2018.

HERNANDEZ, F. B. T. Manejo da irrigação. Curso de capacitação em agricultura irrigada. Ilha Solteira, v. 1, p. 19-26, 1999. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/irrigacao/curso3.htm>> Acesso em: 20 mai. 2018.

IBRAHIM, N. Agro Maduro e Moderno. Brasília: CNA, 2018. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/artigos/agro-maduro-e-moderno>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Resultado dos Dados Preliminares do Censo Agropecuário – 2017. IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/primavera-do-leste/pesquisa/24/76693>> Acesso em: 25 out. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico 2010. IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/primavera-do-leste/panorama>> Acesso em: 25 out. 2018.

JESUS RODRIGUES, A. C. de. Aplicação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos “outorga” e “enquadramento” para o setor de saneamento no perímetro urbano da bacia do rio Coxipó–Cuiabá/MT. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. Disponível em: <<http://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/403fd8ef9eb43595026d75574ea74c7d.pdf>> Acesso em: 15 jul. 2018.

LIMA, J. NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. Al.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil. ANEEL. CD-ROM, 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Enoch_Lima/publication/228716436_O_uso_da_Irrigacao_no_Brasil/links/00463539b762c64d0400000.pdf> Acesso em: 10 mai. 2018

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e práticas. Viçosa: UFV, 2006.

MAROUELLI, W. A. Economizar água e produzir mais – Sustentabilidade na irrigação de hortaliças. Revista Campo e Negócios. Uberlândia, 2014. Disponível em:
<<http://www.revistacampoenegocios.com.br/economizar-agua-e-produzir-mais-sustentabilidade-na-irrigacao-de-hortalicas/>>.
Acesso em: 30 abr. 2018.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. Manejo de irrigação em hortaliças com Sistema Irrigas. Circular técnica. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. Disponível em:
<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ct_69_000gull1du/me02wx7ha0g934vgsu6g49k.pdf> Acesso: 20 mai. 2018.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. da. Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa, 2008. Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/762590/1/CNPHIRRIG.PORASPER.EMHORT.08.pdf>>
Acesso em: 20 mai. 2018.

MAROUELLI, W. A. et. al. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 18, n. 3, p. 238-243, 2000. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n3/v18n3a20>>
Acesso em: 15 mai. 2018.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. da. Manejo da irrigação em hortaliças. 5. ed. Brasília, 1996. Disponível em:
<<http://www.ufac.br/labmec/menu/disciplinas/irrigacao-e-drenagem/material-didatico/manejo-da-irrigacao-em-hortalicas.pdf>>
Acesso em: 08 mai. 2018.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. da. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília, 1986. Disponível em:
<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/761341/1/CNPHDOCUMENTOS02MANEJODAIRRIGACAOEMHORTALICASF07808.pdf>> Acesso em: 08 mai. 2018.

MONTEIRO, R. A.; SILVA, L. M. C da. Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens. Gestão de águas doces: usos múltiplos, políticas públicas e exercício da cidadania no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, p. 140-179, 2003. Disponível em: http://143.107.108.83/sigrh/cobranca/pdf/leitura_04.pdf> Acesso em: 15 jul. 2018.

MOURA ROCHA, E. M. de et al. Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície e no perfil do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, v. 3, n. 2, p. 154-160, 1999. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br/revista/v3n2/154.pdf>> Acesso em: 13 ago. 2018.

NASCIMENTO, P. S. Análise do uso da curva de retenção de água no solo determinada por diferentes métodos e planilha para manejo de irrigação. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Escola de Agronomia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009. Disponível em: <https://www.ufpb.edu.br/neas/documento/category/1-teses-e-dissertacoes-do-neas?download=13:patricia-santos-nascimento>> Acesso em: 20 set. 2018.

OLIVEIRA, F. A. de; SILVA CAMPOS, T. G. da. Manejo da irrigação na cultura do algodoeiro herbáceo em condições semi-áridas do Nordeste. Campina Grande: Embrapa Informação Tecnológica, 1997. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44935/1/MANEJO-DA-IRRIGACAO-NA-CULTURA.pdf>> Acesso em: 25 set. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ÁGUA E A AGRICULTURA (FAO). Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias. FAO. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i7251o.pdf>> Acesso em: 30 abr. 2018.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v4n3/v4n3a25.pdf>>

Acesso em: 30 abr. 2018.

PINOTTI, D. Primavera do Leste tem a maior área irrigada de Mato Grosso. O Diário. Primavera do Leste, 2016. Disponível em: <<http://www.jornalodiario.com.br/blogs/blog-primavera-30-anos/pva-30-anos/primavera-do-leste-tem-a-maior-area-irrigada-de-mato-grosso/77690>> Acesso em: 25 out. 2018.

RODRIGUES, L. N. Agricultura irrigada e os desafios para a produção sustentável de alimentos. Brasília: Embrapa Cerrados, 2018a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32545841/artigo---agricultura-irrigada-e-os-desafios-para-a-producao-sustentavel-de-alimentos.>> Acesso em: 30 abr. 2018.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; DE AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbeaa/v7n2/v7n2a13.pdf>> Acesso em: 25 set. 2018.

SANTOS NETO, A. M. dos et al. Auditoria de desempenho de sistemas de irrigação II: avaliação e correção da uniformidade de emissão de água no Distrito de Irrigação do Baixo Acaraú, CE. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 5, n. 4, 2013. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/90/pdf_78> Acesso em: 25 set. 2018.

SENNINGER. Catálogo de bocais. Disponível em: <<<https://www.senninger.com/sites/senninger.hunterindustries.com/files/catalogo-produtos-senninger-irrigation.pdf>> Acesso em: 20 out. 2018.

SILVA, E. M. da; AZEVEDO, J. A. de. Dimensionamento da lateral de irrigação do pivô-central. Planaltina, 1998. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101723/1/doc-71.pdf>> Acesso em: 15 set. 2018.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Irrigação do feijoeiro por aspersão. Informativo Agropecuário. Belo Horizonte, v.17, n. 178, p. 28-34, 1994. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/195843/1/silveiraI_A.pdf> Acesso em: 20 set. 2018.

SOUSA, V. F. de et. al. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Disponível em:

<<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00061500.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2018.

TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: FEAGRI, 2017. Disponível em:

<<http://bibspi.planejamento.gov.br/handle/iditem/451>> Acesso: 15 jun. 2018.

TORMENA, C. A. et al. Intervalo ótimo de potencial da água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.3, n.3, p.286-292, 1999. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Goncalves13/publication/n/237103577_Intervalo_otimo_de_potencial_da_agua_no_solo_Um_conceito_para_avaliacao_da_qualidade_fisica_do_solo_e_manejo_da_agua_na_agricultura_irrigada/links/0046353ac32eb72054000000/Intervalo-otimo-de-potencial-da-agua-no-solo-Um-conceito-para-avaliacao-da-qualidade-fisica-do-solo-e-manejo-da-agua-na-agricultura-irrigada.pdf> Acesso em: 20 mai. 2018.

TUCCI, C. E. M.; HESPAÑHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001.

UNITED NATIONS., Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Data Booklet. ST/ESA/SER.A/401, 2017. Disponível em:

<https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_DataBooklet.pdf> Acesso em: 30 abr. 2018.

ZONTA, J. H. et al. Manejo da irrigação do algodoeiro. Circular técnica. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/141494/1/Manejo-da-irrigacao.pdf>> Acesso em: 20 set. 2018.

APÊNDICE A

De modo a identificar e caracterizar o perfil dos irrigantes da região de Primavera do Leste – MT foi elaborado e aplicado o seguinte questionário:

Figura 24 – Questionário parte 1

Perfil do irrigante - Mato Grosso

Questionário para elaboração de TCC - UFSC

***Obrigatório**

1. Nome do proprietário *

2. Possui área irrigada? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim *Ir para a pergunta 5.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 3.*

Produtor não possui irrigação

3. Tem intenção de começar a irrigar? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não *Pare de preencher este formulário.*
- ☐ Sim *Ir para a pergunta 4.*

Produtor tem intenção de irrigar

4. Em qual fase do processo está? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Projeto *Ir para a pergunta 19.*
- ☐ Obtenção de licença/outorga/energia *Ir para a pergunta 19.*
- ☐ pré-implantação *Ir para a pergunta 19.*
- ☐ implantação *Ir para a pergunta 19.*
- ☐ Outro: _____ *Ir para a pergunta 19.*

Fonte: O Autor.

Figura 25 – Questionário parte 2

Produtor possui irrigação

5. Qual a área irrigada? (ha) *

6. Qual a área de sequeiro? (ha) *

7. Número de equipamentos? *

8. Qual a cultura plantada no pivô? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Soja
- ☐ Feijão
- ☐ Algodão
- ☐ Milho
- ☐ Milho semente
- ☐ Outro:

9. Possui suporte de alguma empresa de manejo de irrigação? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, área total *Ir para a pergunta 10.*
- ☐ Sim, área parcial *Ir para a pergunta 12.*
- ☐ Não *Ir para a pergunta 14.*

Possui suporte empresa de manejo de irrigação - área total

10. Como você classificaria o serviço prestado? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Péssimo
- ☐ Ruim
- ☐ Regular
- ☐ Bom
- ☐ Excelente

Fonte: O Autor.

Figura 26 – Questionário parte 3

11. O serviço mostrou resultados? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Redução de custos
- ☐ Aumento de produtividade
- ☐ Aumento na qualidade do produto
- ☐ Notei, mas não sei especificar
- ☐ Não notei melhorias

Ir para a pergunta 19.

Possui suporte empresa de manejo de irrigação - área parcial

12. Como você classificaria o serviço prestado *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Péssimo
- ☐ Ruim
- ☐ Regular
- ☐ Bom
- ☐ Excelente

Não possui suporte de empresa de gestão de irrigação

14. Existe algum responsável pela recomendação de irrigação na área sem manejo?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, Técnico agrícola
- ☐ Sim, Agrônomo
- ☐ Não
- ☐ Outro: _____

15. Existe a adoção de critérios para determinar quando/quanto irrigar?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim, Balanço hídrico
- ☐ Sim, Uso de sensores
- ☐ Sim, Calendário/Turno de rega
- ☐ Não, experiência de campo
- ☐ Outro: _____

Fonte: O Autor.

Figura 27 – Questionário parte 4

16. É feito controle de quando o pivô foi ligado e da lâmina aplicada?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

17. E do total da água consumida?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

18. A produtividade da área irrigada é maior, menor ou igual a do sequeiro?

Marcar apenas uma oval.

☐ Maior

☐ Menor

☐ Igual

☐ Não Sabe

Opinião sobre a importância do manejo adequado

19. Você julga importante o trabalho que auxilia na tomada de decisão para irrigar? *

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

Fonte: O Autor.

APÊNDICE B

Fichas de controle dos pivôs do estudo:

Figura 28 - Ficha de controle do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde parte 1.

Data: 11/10/2018		Equipamento: Pivô 1		BOMBA:		V1: 2:20,15	
Fazenda: Cidade Verde				Marca: KSB		V2: 2:19,85	
Lat:		Long:		Modelo: ETA 200-40		V3: 2:21,07	
Desnível total:				Diâmetro: 341		Nº Estágios: 1	
Marca/Modelo/série: FOCKINK				IC MOTOR:		80%: 47,94/11,94/59,88	
Horímetro/Voltímetro:				Marca: WEG		60%: 35,95/23,84/59,79	
Raio Última Torre: 695,4				Potência: 150		40%: 36,00/24,10/60,10	
Balanço: 31,2		Desn. LL: 9		rpm: 1785		20%: 48,30/11,96/60,26	
Área irrigada:		F.S.: 1,15		F.P.: 0,87		PBA(mca): 87	
Vazão (m³/h): 642,9		A.N. (A): 204		Rend.: 94,1		PBF(mca): 105	
Lâmina em 21hs (mm): 8,2				Voltagem		Amperagem	
Lâmina a 100%(mm):				1 401		1 187 192	
Velocidade (m/h): 256,5				2 401		2 185 192	
UNIF: 92%		Válvulas: 15 Psi		3 402		3 180 181	
Bocais: xi-wob		Bengala: flexível					
LANCE 1		LANCE 2		LANCE 3		LANCE 4	
LANCE 5		LANCE 6		LANCE 7			
1	0	1	8,5	1	11	1	13
2	0	2	9	2	11,5	2	15
3	0	3	9,5	3	12,5	3	15
4	6	4	10	4	13	4	15,5
5	6	5	10	5	13	5	15,5
6	6	6	10,5	6	13,5	6	16
7	6	7	11	7	13,5	7	16
8	6,5	8	11,5	8	14	8	16,5
9	7	9	11,5	9	14	9	16,5
10	7,5	10	0	10	13,5	10	0
11	8	11		11		11	12,5
12		12		12		12	12,5
13		13		13		13	13
14		14		14		14	13
15		15		15		15	13
16		16		16		16	13
17		17		17		17	13
18		18		18		18	13
19		19		19		19	13
20		20		20		20	
21		21		21		21	
22		22		22		22	
23		23		23		23	
24		24		24		24	
25		25		25		25	

Fonte: O Autor.

Figura 29 - Ficha de controle do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde parte 2.

LANÇE 8		LANÇE 9		LANÇE 10		LANÇE 11		LANÇE 12		LANÇE 13		LANÇE 14	
1	13,5	1	14,5	1	15,5	1	16,5	1	17,5	1	18,5	1	19,5
2	14	2	15	2	16	2	17	2	18	2	19	2	19,5
3	16	3	17,5	3	18,5	3	19,5	3	21	3	22	3	23
4	16	4	17,5	4	18,5	4	19,5	4	21	4	22	4	23
5	16	5	17,5	5	18,5	5	19,5	5	21	5	22	5	23
6	16	6	17,5	6	18,5	6	20	6	21	6	22	6	23
7	16	7	17,5	7	18,5	7	20	7	21	7	22	7	23
8	16,5	8	17,5	8	19	8	20	8	21	8	22	8	23
9	16,5	9	17,5	9	19	9	20	9	21	9	22	9	23
10	16,5	10	17,5	10	19	10	20	10	21	10	22	10	23,5
11	16,5	11	17,5	11	19	11	20	11	21	11	22,5	11	23,5
12	16,5	12	18	12	19	12	20	12	21	12	22,5	12	23,5
13	16,5	13	18	13	19	13	20	13	21,5	13	22,5	13	23,5
14	16,5	14	18	14	19	14	20	14	21,5	14	22,5	14	23,5
15	16,5	15	18	15	19	15	20,5	15	21,5	15	22,5	15	23,5
16	17	16	18	16	19	16	20,5	16	21,5	16	22,5	16	23,5
17	17	17	18	17	19	17	20,5	17	21,5	17	22,5	17	23,5
18	17	18	18	18	19,5	18	20,5	18	21,5	18	22,5	18	23,5
19	17	19	18	19	19,5	19	20,5	19	21,5	19	22,5	19	23,5
20	17	20	18	20	19,5	20	20,5	20	21,5	20	22,5	20	24
21	17	21	18,5	21	19,5	21	20,5	21	21,5	21	23	21	24
22	17	22	18	22	19	22	20,5	22	21,5	22	22,5	22	24
23		23		23		23		23		23		23	24
24		24		24		24		24		24		24	24
25		25		25		25		25		25		25	23,5
LANÇE 15				LANÇE 16				BALANÇO					
1	20	17	25	1		17		1	21				
2	20,5	18	25	2		18		2	23,5				
3	24	19	25	3		19		3	26				
4	24	20	25	4		20		4	26				
5	24,5	21	25	5		21		5	26				
6	24,5	22	25	6		22		6	26				
7	24,5	23	25	7		23		7	26				
8	24,5	24	25	8		24		8	24,5				
9	24,5	25	23	9		25		9	24				
10	24,5			10				10	24				
11	24,5			11				11	24				
12	24,5			12				12	24				
13	24,5			13				13	24				
14	24,5			14				14	24				
15	25			15				15	24				
16	25			16				16	17,5	25			

Fonte: O Autor.

Figura 30 - Ficha de controle do pivô 2 da Fazenda JB parte 1.

Data: 03/08/2018	Equipamento: Pivô 2	BOMBA:		V1: 2:19,63		
Fazenda: JB		Marca: IMBIL		V2: 2:21,77		
Lat:	Long:	Modelo: INI 125-315		V3: 2:21,06		
Desnível total:		Diâmetro: 323	Nº Estágios: 1	80%: 46,27/13,50/59,77		
Marca/Modelo/série: FOCKINK		IC MOTOR:		60%: 34,20/25,37/59,57		
Horímetro/Voltímetro: 11228,16 / 500		Marca: WEG		40%: 33,39/37,56/ 59,96		
Raio Ultima Torre: 412		Potência: 75		20%: 9,52/49,79/59,39		
Balanço: 28	Desn. LL:	rpm: 1770		PBA(mca): 40	Sucção:	
Área irrigada: 60,88		F.S.: 1	F.P.: 0,88	PBF(mca): 50	Desn (m):	
Vazão (m³/h): 336		A.N. (A): 102	Rend.: 94,4	PC(mca): 36	Comp (m):	
Lâmina em 21hs (mm): 11,6		Voltagem	Amperagem	PP(mca): 6	Tipo:	
Lâmina a 100%(mm): 5,9		1 380	1 88	Adutora:		
Velocidade (m/h): 255,66		2 381	2 89	Desnível (m) :		
UNIF: 80%	Válvulas: Psi	3 380	3 90	Comp. (m):		
Bocais: xi-wob	Bengala: flexível					
LANCE 1	LANCE 2	LANCE 3	LANCE 4	LANCE 5	LANCE 6	LANCE 7
1 7	1 11,5	1 16	1 20	1 16	1 18	1 19,5
2 7	2 12	2 16,5	2 20,5	2 16,5	2 18	2 19,5
3 7	3 12,5	3 17	3 21	3 16,5	3 18	3 19,5
4 7	4 12,5	4 17,5	4 21	4 16,5	4 18	4 19,5
5 7,5	5 13	5 17,5	5 21	5 16,5	5 18	5 20
6 8,5	6 13,5	6 18	6 21	6 16,5	6 18	6 20
7 9	7 14	7 18	7 22	7 16,5	7 18	7 20
8 9,5	8 14,5	8 18,5	8 22	8 16,5	8 18	8 20
9 10	9 14,5	9 19	9 22,5	9 17	9 18,5	9 20
10 10,5	10 15	10 19	10 22,5	10 17	10 18,5	10 20
11 11	11 15,5	11 19,5	11 23	11 17	11 18	11 20
12	12 15,5	12 19,5	12 20,5	12 17	12 18,5	12 20,5
13	13	13 20	13 17	13 17	13 18,5	13 20,5
14	14	14	14	14 17	14 19	14 20,5
15	15	15	15	15 17,5	15 19	15 20,5
16	16	16	16	16 17,5	16 19	16 20,5
17	17	17	17	17 17,5	17 19	17 20,5
18	18	18	18	18 17,5	18 19	18 20,5
19	19	19	19	19 17,5	19 19,5	19 20,5
20	20	20	20	20 17,5	20 19,5	20 21
21	21	21	21	21 17,5	21 19,5	21 21
22	22	22	22	22 18	22 19,5	22 21
23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25

Fonte: O Autor.

Figura 31 - Ficha de controle do pivô 2 da Fazenda JB parte 2.

Figura 51 - Planilha de controle do Pivo 2 da Fazenda S2 - parte 2.

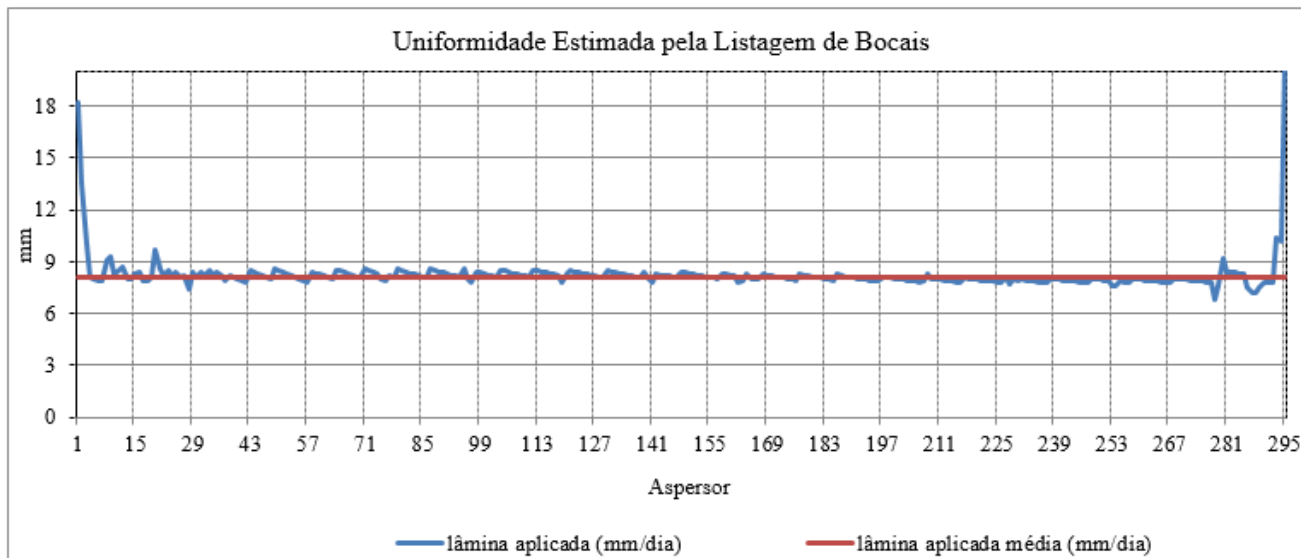
LANÇE 8		LANÇE 9		LANÇE 10		LANÇE 11		LANÇE 12		LANÇE 13		LANÇE 14	
1	21	1		1		1		1		1		1	
2	21	2		2		2		2		2		2	
3	21	3		3		3		3		3		3	
4	21	4		4		4		4		4		4	
5	21	5		5		5		5		5		5	
6	21	6		6		6		6		6		6	
7	21	7		7		7		7		7		7	
8	21	8		8		8		8		8		8	
9	21	9		9		9		9		9		9	
10	21	10		10		10		10		10		10	
11	21	11		11		11		11		11		11	
12	21	12		12		12		12		12		12	
13	22	13		13		13		13		13		13	
14	22	14		14		14		14		14		14	
15	22	15		15		15		15		15		15	
16	22	16		16		16		16		16		16	
17	22	17		17		17		17		17		17	
18	22	18		18		18		18		18		18	
19	22	19		19		19		19		19		19	
20	22,5	20		20		20		20		20		20	
21	22,5	21		21		21		21		21		21	
22	19	22		22		22		22		22		22	
23		23		23		23		23		23		23	
24		24		24		24		24		24		24	
25		25		25		25		25		25		25	
LANÇE 15				LANÇE 16				BALANÇO					
1		17		1		17		1	22				
2		18		2		18		2	21				
3		19		3		19		3	22				
4		20		4		20		4	22				
5		21		5		21		5	18,5				
6		22		6		22		6	22				
7		23		7		23		7	22				
8		24		8		24		8	22				
9		25		9		25		9	22				
10				10				10	22				
11				11				11	23,5				
12				12				12	22,5				
13				13				13	26				
14				14				14	23 / 23				
15				15				15	7				
16				16				16					

Fonte: O Autor.

APÊNDICE C

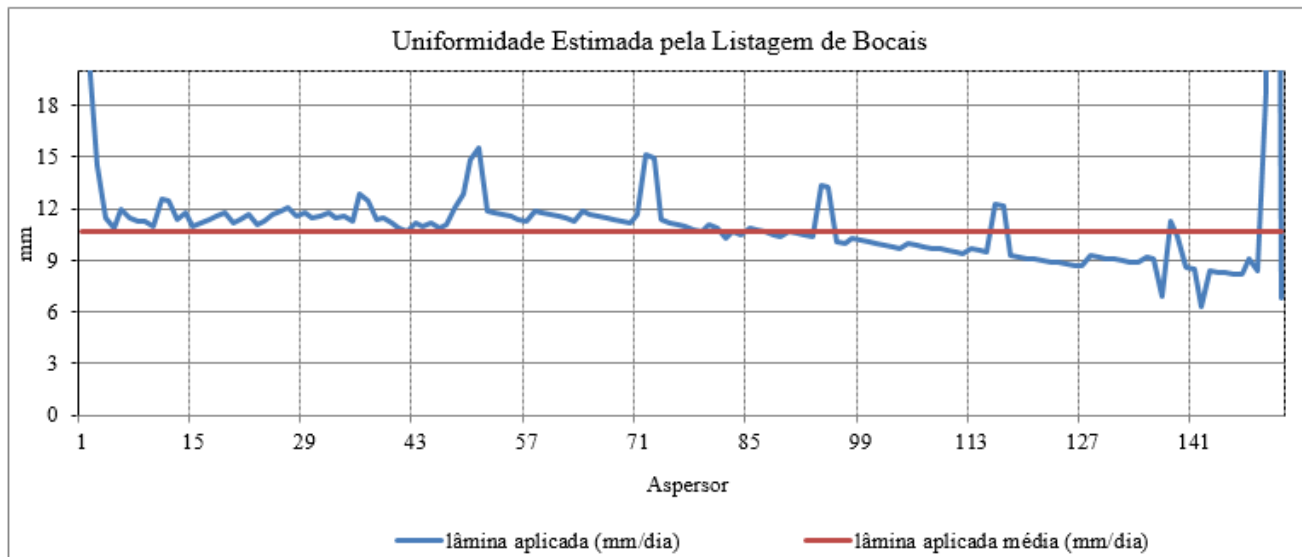
Os gráficos exibidos a seguir são resultado da avaliação de uniformidade de planilha da iCrop. Quanto mais a curva da lâmina aplicada se aproxima da linha da lâmina média aplicada, maior será a uniformidade.

Figura 32 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 1 da Fazenda Cidade Verde.



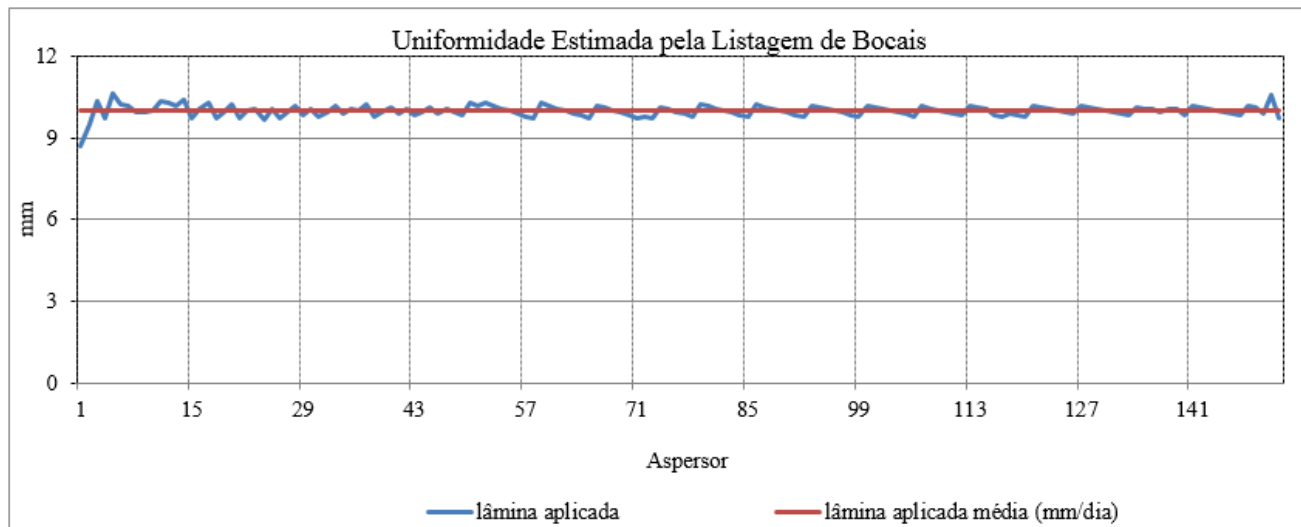
Fonte: O Autor.

Figura 33 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 2 da Fazenda JB antes do redimensionamento.



Fonte: O Autor.

Figura 34 – Gráfico de uniformidade de aplicação da lâmina de água do Pivô 2 da Fazenda JB depois do redimensionamento.



Fonte: O Autor.

APÊNDICE D

Relatórios de consumo de água e energia:

Figura 35– Relatório de consumo do pivô 1 da Fazenda Cidade Verde e do pivô 2 da Fazenda JB.

CONSUMO ENERGIA ELÉTRICA/DIESEL POR EQUIPAMENTO (considera o período de leitura das contas)								
Grupo WDF- Fazenda Cidade Verde -Poxoréu/MT							Leitura da Conta	
Equipamento	Energia (R\$)	Irrigação (mm)	Excesso Irrigação	Excesso Irrigação (mm)	R\$/mm/ha	R\$/ha	Início	Término
Pivô 01	36.204,92	210	21,12 %	44,24	1,04	218,29	27/12	26/07

CONSUMO ENERGIA ELÉTRICA/DIESEL POR EQUIPAMENTO (considera o período de leitura das contas)								
JB - Primavera do Leste/MT							Leitura da Conta	
Equipamento	Energia (R\$)	Irrigação (mm)	Excesso Irrigação	Excesso Irrigação (mm)	R\$/mm/ha	R\$/ha	Início	Término
Pivô 02	48.584,79	494	19,2 %	94,93	1,61	798,81	05/06	02/10

Fonte: Plataforma iCrop (2018)

ANEXO A

Material de apoio para determinação da capacidade de armazenamento de água no solo:

Quadro 5- Valores aproximados para algumas características físico-hídricas dos solos segundo sua classe textural.

Textura do solo	VIB	Da	CC	PMP	CAD	CAD	<p>OBS:</p> <p>O primeiro valor representa a média e os demais a faixa de variação.</p> <p>VIB = Velocidade de infiltração;</p> <p>CC = umidade na capacidade de campo;</p> <p>PMP = umidade no ponto de murcha permanente;</p> <p>CAD - água total disponível.</p>
	cm/h	g/cm ³	% peso	% peso	% peso	mm/m	
Arenoso	5	1,65	9	4	5	85	
	2,5 - 22,5	1,55 - 1,80	6 - 12	2 - 6	4 - 6	70 - 100	
Franco - arenoso	2,5	1,5	9	6	8	120	
	1,3 - 7,6	1,40 - 1,60	6 - 12	4 - 8	6 - 10	90 - 150	
Franco	1,3	1,4	22	10	12	170	
	0,8 - 2,0	1,35 - 1,50	18 - 26	8 - 12	10 - 14	140 - 190	
Franco - argiloso	0,8	1,35	27	13	14	190	
	0,25 - 1,5	1,30 - 1,40	25 - 31	11 - 15	12 - 16	170 - 220	
Silto - argiloso	0,25	1,3	31	15	16	210	
	0,03 - 0,5	1,25 - 1,35	27 - 35	13 - 17	14 - 18	190 - 230	
Argiloso	0,05	1,25	35	17	18	230	
	0,01 - 0,1	1,20 - 1,30	31 - 39	15 - 19	16 - 20	200 - 250	

Fonte: ALBUQUERQUE (2010)

Quadro 6 – Profundidade efetiva média do sistema radicular de algumas culturas.

Cultura	Z (cm)
Abacaxi	20
Algodão	30
Amendoim	50-60
Arroz	20-30
Banana	40
Batata	20-30
Café	50
Cana-de-açúcar	50-70
Cebola	20
Culturas perenes	50-70
Feijão	20
Melancia/ Melão	30
Milho	40-50
Pastagem	30
Soja	40-50
Tomate	20-50
Fumo	20-50
Trigo	30-40
Videira	50

Fonte: ALBUQUERQUE (2010)

Quadro 7 - Valores recomendados de fator de disponibilidade para algumas classes de culturas.

Grupos de culturas	Fator f
	Faixa comum
Verduras e legumes	0,2 – 0,4
Frutas e forrageiras	0,3 – 0,5
Grãos e algodão	0,4 – 0,6

Fonte: MANTOVANI, BERNARDO E PALARETTI (2006)

ANEXO B

Tabela de caracterização de bocais:

Figura 36 – Catálogo de bocais Senninger.

Número do bocal Cor do bocal	Tamanho do bocal	0,41 bar (6 psi)		0,69 bar (10 psi)		1,03 bar (15 psi)	
		l/h	gpm	l/h	gpm	l/h	gpm
Nº 2 Cor-de-rosa	1/32" (0,031) 0,79 mm	16	0,07	20	0,09	25	0,11
Nº 2,5	5/128" (0,039) 0,99 mm	25	0,11	32	0,14	39	0,17
Nº 3 Gelo	3/64" (0,047) 1,19 mm	34	0,15	45	0,20	55	0,24
Nº 3,5	7/128" (0,055) 1,4 mm	48	0,21	61	0,27	75	0,33
Nº 4 Azul-claro	1/16" (0,063) 1,59 mm	61	0,27	79	0,35	98	0,43
Nº 4,5	9/128" (0,070) 1,78 mm	79	0,35	102	0,45	125	0,55
Nº 5 Bege	5/64" (0,078) 1,98 mm	98	0,43	125	0,55	154	0,68
Nº 5,5	11/128" (0,085) 2,16 mm	118	0,52	152	0,67	186	0,82
Nº 6 Dourado	3/32" (0,094) 2,38 mm	141	0,62	182	0,80	223	0,98
Nº 6,5	13/128" (0,102) 2,59 mm	166	0,73	213	0,94	261	1,15
Nº 7 Lima	7/64" (0,109) 2,78 mm	193	0,85	248	1,09	304	1,34
Nº 7,5	15/128" (0,117) 2,97 mm	220	0,97	286	1,26	350	1,54
Nº 8 Lilás	1/8" (0,125) 3,18 mm	252	1,11	325	1,43	397	1,75
Nº 8,5	17/128" (0,133) 3,38 mm	284	1,25	368	1,62	450	1,98
Nº 9 Cinza	9/64" (0,141) 3,57 mm	318	1,40	411	1,81	504	2,22
Nº 9,5	19/128" (0,148) 3,76 mm	357	1,57	459	2,02	563	2,48
Nº 10 Turquesa	5/32" (0,156) 3,97 mm	395	1,74	509	2,24	625	2,75
Nº 10,5	21/128" (0,164) 4,17 mm	436	1,92	561	2,47	688	3,03
Nº 11 Amarelo	11/64" (0,172) 4,37 mm	477	2,10	618	2,72	756	3,33
Nº 11,5	23/128" (0,180) 4,57 mm	522	2,30	675	2,97	827	3,64
Nº 12 Vermelho	3/16" (0,188) 4,76 mm	570	2,51	736	3,24	902	3,97
Nº 12,5	25/128" (0,195) 4,95 mm	618	2,72	799	3,52	979	4,31
Nº 13 Branco	13/64" (0,203) 5,16 mm	670	2,95	865	3,81	1058	4,66
Nº 13,5	27/128" (0,211) 5,36 mm	722	3,18	933	4,11	1142	5,03
Nº 14 Azul	7/32" (0,219) 5,56 mm	777	3,42	1004	4,42	1229	5,41
Nº 14,5	29/128" (0,227) 5,77 mm	834	3,67	1077	4,74	1320	5,81
Nº 15 Marrom -escuro	15/64" (0,234) 5,95 mm	893	3,93	1154	5,08	1413	6,22
Nº 15,5	31/128" (0,242) 6,15 mm	954	4,20	1231	5,42	1508	6,64
Nº 16 Laranja	1/4" (0,250) 6,35 mm	1018	4,48	1313	5,78	1608	7,08
Nº 16,5	33/128" (0,258) 6,55 mm	1081	4,76	1397	6,15	1710	7,53
Nº 17 Verde -escuro	17/64" (0,266) 6,75 mm	1149	5,06	1483	6,53	1815	7,99
Nº 17,5	35/128" (0,273) 6,93 mm	1217	5,36	1572	6,92	1924	8,47
Nº 18 Roxo	9/32" (0,281) 7,14 mm	1288	5,67	1663	7,32	2035	8,96
Nº 18,5	37/128" (0,289) 7,34 mm	1360	5,99	1756	7,73	2151	9,47
Nº 19 Preto	19/64" (0,297) 7,54 mm	1433	6,31	1851	8,15	2267	9,98
Nº 19,5	39/128" (0,305) 7,75 mm	1510	6,65	1949	8,58	2387	10,51
Nº 20 Turquesa -escura	5/16" (0,313) 7,94 mm	1588	6,99	2049	9,02	2510	11,05
Nº 20,5	41/128" (0,320) 8,13 mm	1667	7,34	2151	9,47	2635	11,60
Nº 21 Mostarda	21/64" (0,328) 8,33 mm	1749	7,70	2255	9,93	2764	12,17
Nº 21,5	43/128" (0,336) 8,53 mm	1831	8,06	2362	10,40	2894	12,74
Nº 22 Castanho	11/32" (0,344) 8,73 mm	1915	8,43	2471	10,88	3028	13,33
Nº 22,5	45/128" (0,352) 8,94 mm	2001	8,81	2582	11,37	3162	13,92
Nº 23 Creme	23/64" (0,359) 9,13 mm	2087	9,19	2696	11,87	3302	14,54
Nº 23,5	47/128" (0,367) 9,32 mm	2176	9,58	2810	12,37	3441	15,15
Nº 24 Azul -escuro	3/8" (0,375) 9,53 mm	2267	9,98	2925	12,88	3584	15,78
Nº 24,5	49/128" (0,383) 9,73 mm	2358	10,38	3043	13,40	3727	16,41
Nº 25 Cobre	25/64" (0,391) 9,92 mm	2448	10,78	3162	13,92	3872	17,05
Nº 25,5	51/128" (0,398) 10,11 mm	2542	11,19	3282	14,45	4018	17,69
Nº 26 Bronze	13/32" (0,406) 10,32 mm	2635	11,60	3402	14,98	4168	18,35

Fonte: Catálogo Senninger.